

Rumbo a la **carbono neutralidad** en el transporte público de Costa Rica

INFORME FINAL
Taxis y Autobuses



Asociación
de la Prensa y
los Medios

Rumbo a la **carbono neutralidad** en el transporte público de Costa Rica

Taxis y Autobuses

Proyecto

Apoyo a la preparación de estrategias de desarrollo bajo en emisiones y adaptado al cambio climático

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Costa Rica, PNUD
Ministerio de Ambiente y Energía, MINAE
2013

Equipo responsable del estudio

Coordinador

Dr. Leiner Vargas Alfaro

Investigadores

Msc. Rafael Sánchez Meza

Msc. Marco Otoyá

Asistentes de Investigación

Bach. Tattiana Ramírez,

Bach. Cynthia González

Bach. Jessica Espinoza

Supervisión y Coordinación Técnica

William Alpizar Zúñiga, Dirección de cambio climático, MINAE

Cynthia Córdoba Serrano, Dirección de cambio climático, MINAE

Francisco Avendaño Ugaz, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Damiano Borgogno, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Carlos Salgado, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Costa Rica, PNUD

Ministerio de Ambiente y Energía, MINAE

ISBN: 978-9968-794-60-2

Los conceptos y comentarios aquí contenidos reflejan los puntos de vista de sus autores, y no necesariamente los del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ni del resto de agencias que conforman el Sistema de Naciones Unidas. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico, de grabación o fotocopia, sin permiso previo del editor.

Este estudio ha recibido apoyo técnico y financiero del programa regional del PNUD para Estrategias Climáticas (LECRDS, por sus siglas en Inglés) con recursos del Gobierno de España. Adicionalmente se ha recibido también apoyo del equipo del programa global Fomento de Capacidades para un Desarrollo Bajo en Emisiones (LECB, por sus siglas en Inglés), con recursos de la Unión Europea, el Gobierno de Alemania y el Gobierno de Australia. Estas conclusiones y recomendaciones serán tomadas en cuentas y profundizadas en la implementación del proyecto Fomento de Capacidades para un Desarrollo Bajo en Emisiones en Costa Rica, a ser implementado por el PNUD y el MINAE.



Al servicio
de las personas
y las naciones



AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial en primer lugar al equipo de trabajo del CINPE por las labores realizadas, así como por sus aportes en el proceso de validación.

Se quiere agradecer especialmente a la ARESEP que ha facilitado información clave para el levantamiento de las curvas de costos de abatimiento y a la Dirección Sectorial de Energía, muy colaboradora a lo largo del camino.

Finalmente, un agradecimiento a todas las demás instituciones y organizaciones que han brindado, de cualquier forma, apoyo a este estudio, y en particular a los empresarios y las cámaras tanto en el sector de taxi como el de autobuses.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	7
ACRÓNIMOS	15
1. RESUMEN EJECUTIVO	17
2. INTRODUCCIÓN	27
3. ESTIMACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE EMISIONES	33
3.1 EL SECTOR DE TRANSPORTE PÚBLICO: TAXIS	35
3.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN EL SECTOR TAXIS	36
3.3 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA DEL SECTOR	38
3.4 RESULTADOS	40
4. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	49
4.1 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO TAXI REPRESENTATIVO	53
4.2 ESTRUCTURA DE INGRESOS TAXIS REPRESENTATIVOS URBANO Y RURAL	57
4.3 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO TAXIS URBANO Y RURAL	58
4.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD TAXIS REPRESENTATIVOS URBANO/RURAL	60
4.5 VEHÍCULOS DE TECNOLOGÍA AMIGABLE CON EL AMBIENTE	62
4.6 ESTRUCTURA DE COSTOS PARA VEHÍCULOS DE TECNOLOGÍA AMIGABLE CON EL AMBIENTE	64
4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO FINANCIERO DE LOS MODELOS CON CAMBIO TECNOLÓGICO	66
5. CURVA DE COSTO DE ABATIMIENTO PARA EL SECTOR DE TAXIS	69
5.1 SUPUESTOS UTILIZADOS	71
5.2 CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR TECNOLOGÍA	73
5.3 RESULTADOS: CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO POR TAXI	76
5.4 POSIBLES MEDIDAS NAMAS PARA IMPLEMENTAR EN EL SECTOR	82
6. ESTIMACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE AUTOBUSES	87
6.1 METODOLOGÍA	89
6.2 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA	90
6.3 RESULTADOS	91
7. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO AUTOBÚS REPRESENTATIVO	95
7.1 LÍNEA BASE TRANSPORTE PÚBLICO POR AUTOBÚS EN COSTA RICA TECNOLOGÍA ACTUAL	98
7.2 ESTRUCTURA DE INGRESOS AUTOBÚS REPRESENTATIVO URBANO, INTERURBANO E INTERREGIONAL	104
7.3 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO AUTOBÚS REPRESENTATIVO URBANO, INTERURBANO E INTERREGIONAL	105
7.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL AUTOBÚS REPRESENTATIVO CONVENCIONAL	107
7.5 ESCENARIOS FINANCIEROS CON CAMBIO TECNOLÓGICO MODALIDAD AUTOBÚS DE BAJAS EMISIONES	108
7.6 ANÁLISIS COMPARATIVO FINANCIERO DE LOS MODELOS CON CAMBIO TECNOLÓGICO	110
8. CURVA DE COSTO DE ABATIMIENTO PARA EL SECTOR DE AUTOBUSES	113
8.1 SUPUESTOS UTILIZADOS	115
8.2 CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR TECNOLOGÍA	116
8.3 RESULTADOS: CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO POR AUTOBÚS	119
9. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO ESTACIÓN DE SERVICIO MÚLTIPLE	133
10. CHATARRIZACIÓN COMO ESTRATEGIA DE BAJAR EMISIONES	139
11. CONCLUSIONES	149
12. RECOMENDACIONES	153
14. BIBLIOGRAFÍA	157

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Población y tamaño de la muestra para los concesionarios de placa de taxi, para las Áreas Metropolitanas de San José, Heredia Cartago y Alajuela	39
TABLA 2. Población y tamaño de la muestra para los concesionarios de placa de taxi, para los principales cantones de la zona rural	40
TABLA 3. Costa Rica. Cantidad total de los vehículos taxi por marca, de acuerdo al tipo de combustible. Región Central y resto del país	41
TABLA 4. Promedio de emisiones de CO ₂ kilómetro por vehículo para gasolina y diesel	45
TABLA 5. Promedio de emisiones de CO ₂ kilómetro por región para gasolina y diesel	45
TABLA 6. Costa Rica. Emisiones de CO ₂ por pasajero/kilómetro (KgCO ₂ /pKm) para taxis. Por marca y tipo de combustible	45
TABLA 7. Promedio de emisiones CO ₂ por pasajero / kilómetro por de vehículo	46
TABLA 8. Promedio de emisiones por pasajero / kilómetro por de vehículo por Región	46
TABLA 9. Estructura de costos: taxi Hyundai, marzo 2012 colones	54
TABLA 10. Estructura de costos: taxi Toyota urbano, marzo 2012 colones	55
TABLA 11. Estructura de costos: taxi Daihatsu Terios rural, marzo 2012	57
TABLA 12. Estructura de ingresos: taxis representativos urbano y rural, marzo 2012	58
TABLA 13. Supuestos considerados en el análisis costo-beneficio, sector taxis	61
TABLA 14. Determinación de los parámetros de rentabilidad. Taxis representativos urbano/rural	62
TABLA 15. Generalidades de vehículos con tecnología amigable con el ambiente	63
TABLA 16. Factores de emisión utilizados	73
TABLA 17. Costa Rica. Número de kilómetros promedio recorridos anualmente por el vehículo representativo y las distintas tecnologías en cada región.	74
TABLA 18. Costa Rica. Número de litros consumidos anualmente por las tecnologías en cada región	74
TABLA 19. Costa Rica. Emisiones de CO ₂ producidas por cada tecnología por taxi (tCO ₂) en el año 2012	74
TABLA 20. Muestra considerada para el sector autobuses de acuerdo al tipo de ruta	90
TABLA 21. Costa Rica. Tamaño de las empresas de transporte público en Costa Rica en función de la flota	97
TABLA 22. Costa Rica. Características generales de la flota de la empresa representativa (para costeo estándar)	99
TABLA 23. Costa Rica. Precios unitarios de autobuses para el cálculo de costos del bus representativo (a diciembre de 2011)	99
TABLA 24. Costa Rica. Estructura de costos para el autobús urbano convencional (diesel) colones	100
TABLA 25. Costa Rica. Estructura de costos para el autobús Interurbano convencional (diesel) colones	101
TABLA 26. Costa Rica. Estructura de costos para el autobús interregional convencional (diesel) colones	103
TABLA 27. Costa Rica. Estructura de ingresos: autobús representativo, diciembre 2011 colones	105
TABLA 28. Costa Rica. Determinación de los parámetros de rentabilidad. Autobús representativo urbano/rural 2011-2017	107
TABLA 29. Factores de emisión utilizados	117
TABLA 30. Costa Rica. Número de kilómetros promedio recorridos anualmente por el autobús representativo en cada ruta	117
TABLA 31. Costa Rica. Número de litros consumidos anualmente por las tecnologías en cada región	117
TABLA 32. Costa Rica. Emisiones de CO ₂ producidas por cada tecnología (tCO ₂) en el año 2012	118
TABLA 33. Especificaciones de la estación de servicio múltiple. Año 2012	135
TABLA 34. Costos de la estación de servicio múltiple. Año 2012	136
TABLA 35. Valor actual neto y tasa interna de retorno para las estaciones de servicio. Período 2011-2017	137
TABLA 36. Cuadro comparativo de la industria de chatarrización y buenas prácticas en los países de América Latina	142

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO A1. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para la región San José GAM	21
GRÁFICO A2. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta urbana GAM. Periodo 2011-2017	22
GRÁFICO A3. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta interurbana media. Periodo 2011-2017	23
GRÁFICO 1. Distribución porcentual del tipo de vehículo. Región Central y resto del país	41
GRÁFICO 2. Costa Rica. Correlación entre el gasto en combustible y la edad del taxi	42
GRÁFICO 3. Costa Rica. Emisiones de CO ₂ Kg/L anuales, por marca de vehículo y tipo de combustible. Región Central y resto del país. Año 2012 (Total flota taxis)	43
GRÁFICO 4. Costa Rica. Emisiones de CO ₂ Kg anuales, por marca y tipo de combustible, para la región Central y resto del país. (Por vehículo)	44
GRÁFICO 5. Costa Rica. Emisiones de CO ₂ promedio por Km recorrido para taxis, por tipo de combustible. (KgCO ₂ /Km)	44
GRÁFICO 6. Costa Rica. Emisiones de CO ₂ Kg/L anuales, por tipo de combustible. Región Central y resto del país. Período 2012-2021 (total flota taxis)	47
GRÁFICO 7. Porcentaje estructura de costos: taxi Hyundai, marzo 2012	54
GRÁFICO 8. Porcentaje estructura de costos: taxi Toyota, marzo 2012	56
GRÁFICO 9. Porcentaje estructura de costos: taxi rural, marzo 2012	56
GRÁFICO 10. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras taxi urbano Hyundai, marzo 2012 (colones)	59
GRÁFICO 11. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras taxi urbano Toyota, marzo 2012 (colones)	59
GRÁFICO 12. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras taxi rural Daihatsu, marzo 2012 (colones)	60
GRÁFICO 13. Porcentaje estructura de costos: taxi híbrido (gasolina-eléctrico), marzo 2012	64
GRÁFICO 14. Porcentaje estructura de costos: taxi eléctrico, marzo 2012	64
GRÁFICO 15. Porcentaje estructura de costos taxi gas natural, marzo 2012	65
GRÁFICO 16. Porcentaje estructura de costos taxi LPG, marzo 2012	65
GRÁFICO 17. Porcentaje estructura de costos taxi híbrido gasolina-gas natural, marzo 2012	66
GRÁFICO 18. Costa Rica. Resultados VAN para distintas tecnologías en vehículos, marzo 2012 colones	67
GRÁFICO 19. Costa Rica. Resultados TIR para distintas tecnologías en vehículos, marzo 2012	67
GRÁFICO 20. Promedio de emisiones de dióxido de carbono por kilómetro recorrido por taxi para cada tecnología alternativa en el año 2012, en el país	75
GRÁFICO 21. Emisiones de CO ₂ por pasajero y kilómetro por taxi para cada tecnología en el año 2012, en el país	76
GRÁFICO 22. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por taxi para cada año según tecnología, región de San José GAM. Período 2012-2017	77
GRÁFICO 23. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por taxi para cada año según tecnología, regiones de Heredia, Cartago y Alajuela. Período 2012-2017	77
GRÁFICO 24. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por taxi para cada año según tecnología, resto del país. Período 2012-2017	78
GRÁFICO 25. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para la región San José GAM	79
GRÁFICO 26. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para la región de Heredia, Cartago y Alajuela	80
GRÁFICO 27. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para el resto del país	81
GRÁFICO 28. Costa Rica. Emisiones promedio de CO ₂ por vehículo por tipo de ruta	91
GRÁFICO 29. Costa Rica. Emisiones promedio por Km recorrido para buses, por tipo de ruta (Kg CO ₂ /Km)	92
GRÁFICO 30. Costa Rica. Emisiones promedio por Kg CO ₂ /pasajero para buses, por tipo de ruta. (Kg CO ₂ /pasajero)	92
GRÁFICO 31. Emisiones de CO ₂ en toneladas anuales. Rutas urbanas e interurbanas. Período 2012-2021	93
GRÁFICO 32. Estructura de costos del autobús urbano convencional 2011	101
GRÁFICO 33. Estructura de costos del autobús Interurbano convencional 2011	102

GRÁFICO 34. Estructura de costos del autobús interregional convencional 2011	104
GRÁFICO 35. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras autobús urbano, diciembre 2011 colones	106
GRÁFICO 36. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras autobús interurbano, diciembre 2011 colones	106
GRÁFICO 37. Flujo neto de efectivo: Proyecciones financieras autobús interregional, diciembre 2011 colones	107
GRÁFICO 38. Estructura de costos del autobús Duo Fuel, diciembre 2011	108
GRÁFICO 39. Estructura de costos del autobús híbrido (diesel-gas natural), diciembre 2011	109
GRÁFICO 40. Estructura de costos del autobús gas natural, diciembre 2011	109
GRÁFICO 41. Estructura de costos del autobús eléctrico, diciembre 2011	110
GRÁFICO 42. Costa Rica. Resultados VAN para distintas tecnologías en autobuses, colones diciembre 2011	111
GRÁFICO 43. Costa Rica: Resultados TIR para distintas tecnologías en autobús y escenarios de instrumentos de política diciembre 2011	111
GRÁFICO 44. Promedio de emisiones de dióxido de carbono por kilómetro recorrido por autobús para cada tecnología alternativa, en las distintas rutas del país en el año 2012	118
GRÁFICO 45. Emisiones de CO ₂ por pasajero y kilómetro por autobús para cada tecnología, en las distintas rutas del país en el año 2012	119
GRÁFICO 46. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta urbana GAM. Período 2011-2017	120
GRÁFICO 47. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta urbana resto del país. Período 2011-2017	121
GRÁFICO 48. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta interurbana corta. Período 2011-2017	122
GRÁFICO 49. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta interurbana media. Período 2011-2017	123
GRÁFICO 50. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO ₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta interurbana larga. Período 2011-2017	124
GRÁFICO 51. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta urbana GAM. Período 2011-2017	125
GRÁFICO 52. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta urbana, resto del país. Período 2011-2017	126
GRÁFICO 53. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta urbana, resto del país. Período 2011-2017	127
GRÁFICO 54. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en dólares, para la ruta interurbana media. Período 2011-2017	128
GRÁFICO 55. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta interurbana larga. Período 2011-2017	129
GRÁFICO 56. Costa Rica. Flujo neto efectivo estación de servicio múltiple. Período 2011-2017	137

LISTA DE ACRÓNIMOS

AM: Área Metropolitana

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

B/C: Relación Costo-Beneficio

CINPE: Centro Internacional en Política Económica de la Universidad Nacional

CNTTTSV: Comisión Nacional de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial

CTP: Consejo de Transporte Público

DCC: Dirección de Cambio Climático

DOF: Decreto de Modernización

DSE: Dirección Sectorial de Energía

FENACOOTAXI: Federación Nacional de Cooperativas de Taxi de Costa Rica

GEI: Gases Efecto Invernadero

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

MOPT: Ministerio de Obras Públicas y Transportes

NAMAs: Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

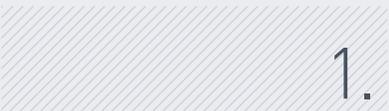
PRUGAM: Programa de Planificación Regional y Urbana del Gran Área Metropolitana

RECOPE: Refinadora Costarricense de Petróleo

TIR: Tasa Interna de Retorno

VAN: Valor Actual Neto

VPN: Valor Presente Neto



1. RESUMEN EJECUTIVO

El cambio climático se ha convertido en uno de los principales desafíos que enfrentan nuestras sociedades en el siglo XXI. Al detectar el problema del cambio climático mundial, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1988. Se trata de un grupo abierto a todos los Miembros de las Naciones Unidas y de la OMM.

La función del IPCC consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socio económica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo. Una de las principales actividades del IPCC es hacer una evaluación periódica de los conocimientos sobre el cambio climático.

Costa Rica no se encuentra exenta de los efectos del cambio climático, los mismos se manifiestan de diversas formas directa o indirectamente todos los años, con costos tanto económico, sociales y ambientales. Los efectos son acumulativos de tal forma que los ajustes que se puedan hacer se verán en algunos años, pero como se trata de un problema global, las iniciativas país deben sumarse para juntos proteger el entorno de nuestro ecosistema global. Dentro del marco de la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático, Costa Rica también ha introducido el compromiso de ser Carbono Neutral para el año 2021¹.

El principal emisor de gases efecto invernadero en Costa Rica lo constituye el sector transporte, esto debido a la estrecha relación existente entre el consumo de combustibles fósiles y las emisiones de gases efecto invernadero, siendo dicho sector donde se consume el 78% de los derivados del petróleo, demostrando una clara dependencia energética de una única fuente, en este caso no renovable.

Es en este contexto que el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), a través de la Dirección de Cambio Climático (DCC), con el apoyo del Centro Internacional en Política Económica de la Universidad Nacional (CINPE), han decidido preparar el siguiente análisis: “Desarrollar un sistema de incentivos voluntarios en relación con sectores prioritarios (taxis, autobuses y gasolineras) para favorecer el cambio tecnológico (vehículo o combustible) tendiente a una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte público (taxis y autobuses)”.

Figura 1. Diagrama de flujo de requerimientos del proyecto



En particular, este informe integra los resultados del trabajo en el transporte público en la modalidad de taxis con los resultados del trabajo en el campo de autobuses de transporte público y algunos resultados preliminares en temas conexos como las estaciones de servicio y la chatarrización de la flota vehicular antigua. En cada uno de los sub-sectores se presentan los cálculos de línea base de emisiones, seguido de la estimación de los resultados del análisis de costo beneficio y con ello, la respectiva curva de abatimiento o costo alternativo de evitar emisiones en cada opción o paquete tecnológico.

1. Según cuanto establecido en el Programa País carbono neutralidad (19 de junio de 2012) la carbono neutralidad país se alcanzará usando como año base el año 2005.

Se ha encontrado en el estudio que se hace necesario un cambio en el paradigma tecnológico del sector transporte público si queremos avanzar en la reducción de la huella de carbono que pesa sobre este sector. Es evidente también que el sistema de transporte público influye en el contexto de la decisión privada sobre uso o no de distintos modos de transporte, incluyendo el modo privado de uso de automóviles o vehículos. Si bien es cierto el transporte público es una alternativa de mucho mejor y mayor eficiencia en materia de huella de carbono respecto del auto propio cada vez que requerimos trasladarnos de un sitio a otro, el país en las últimas dos décadas se ha llenado de autos en su mayoría de varios años e inclusive décadas en edad. Ante esto es urgente encontrar alternativas de transporte público que disminuyan el impacto en nuestra huella de carbono.

En este estudio se ha realizado la tarea de identificar la línea base de emisiones del sector de transporte público en la modalidad de taxis y autobuses, según las distintas regiones y características de los mismos. Eso se ha hecho a partir de la información existente y complementado con dos encuestas a actores de ambos gremios, generando así una información sustantiva y necesaria para la elaboración de Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs) y de alternativas de política pública que puedan contribuir a disminuir la huella de carbono en el futuro cercano.

La gran virtud de haber iniciado con estos dos gremios es que ambos se encuentran al amparo de la regulación ambiental dictada por el MINAE y son regulados mediante la actuación del Consejo de Transporte Público (CTP) en relación a sus concesiones y por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) en cuando a precios o tarifas y calidad de los servicios prestados.

Se trata entonces de sectores donde las posibles políticas o medidas NAMAs tendrían un efecto de corto y mediano plazo mayor que en otras áreas donde la voluntad del individuo y su función individual de preferencia es la que cuenta para su elección tecnológica. Es claro que los cambios en este sector también podrían servir de vitrina para el resto de la sociedad.

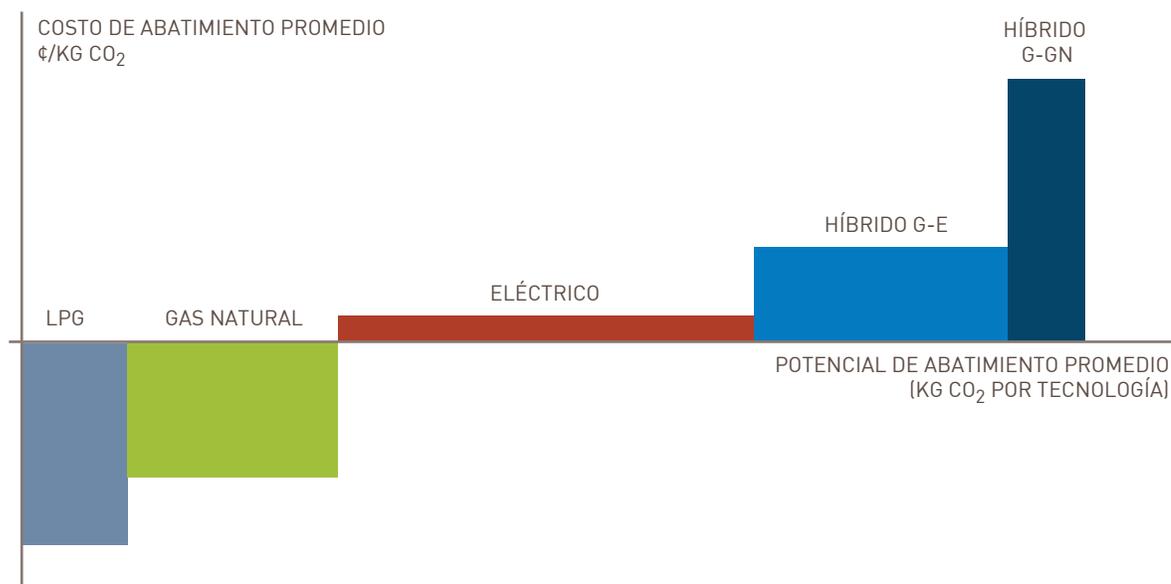
De la experiencia realizada existe un espacio significativo para establecer procesos sustantivos de cambio en cuando a combustible o inclusive tecnologías vehiculares en materia de transporte público de taxis y autobuses. Si bien existen aún asimetrías de información y se requiere de procesos participativos y de auto-convencimiento para muchos de los actores, la definición de que auto comprar o que motor poner al nuevo autobús es posible de cambiar con algunos incentivos. De estas decisiones se tendrán experiencias que podrían dar lugar a grandes cambios en la flota de taxis y de autobuses y experimentar un efecto cascada en otros ámbitos del transporte, tales como las flotas institucionales del sector público, las flotas de carga de varias empresas grandes e inclusive algunos cambios en materia de transporte privado individual.

A partir de los resultados obtenidos en el estudio se puede concluir que las tecnologías que mejor se adaptan a los cambios del entorno son aquellas que cuentan con mayor eficiencia en cuanto a los motores, por lo que es de esperar que se den inclusive en un escenario pasivo y de pocos incentivos económicos por parte del Estado.

Estas tecnologías son representadas en curvas de costos de abatimiento, que de hecho son curvas de costos de oportunidad. En estas curvas, algunos costos de oportunidad son negativos (para los taxi por ejemplo el LPG y el gas natural), lo que significa que al implementar dicha tecnología se generan rendimientos netos - o costos marginales negativos - en comparación con la línea base propuesta.

Esas opciones se encuentran a la izquierda del gráfico y debajo del eje horizontal, mientras que el ancho de las barras está directamente proporcional a la cantidad de potencial de abatimiento de emisiones de gases de efecto invernadero.

Gráfico A1. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para la región San José GAM

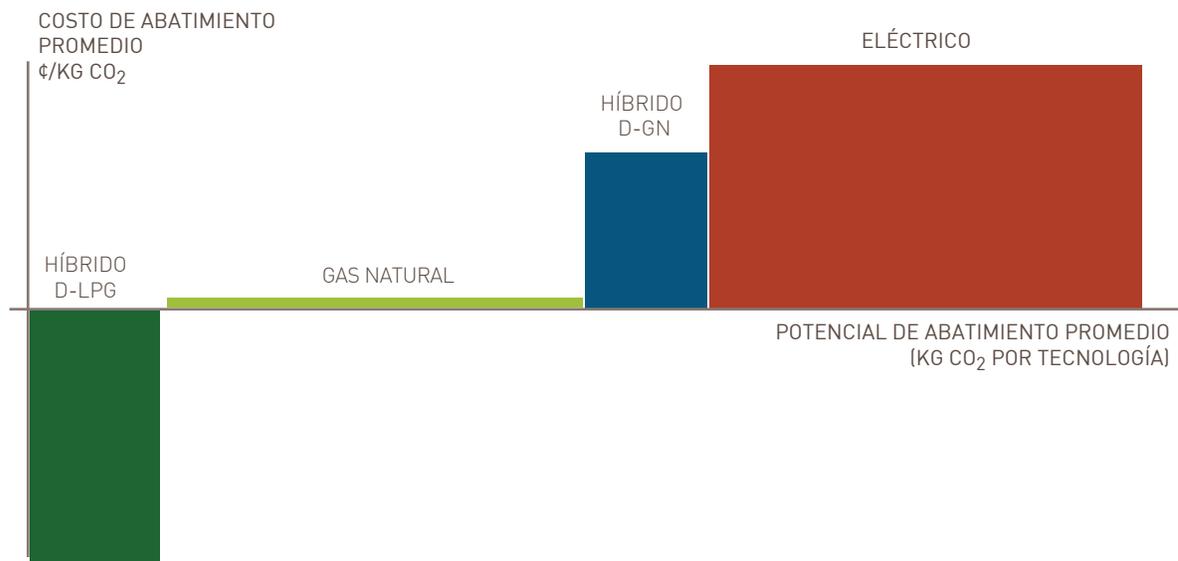


TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (KG CO ₂)	COSTO DE ABATIMIENTO PROMEDIO (¢/KG CO ₂)	COSTO DE ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
LPG	4 677,24	(¢190,93)	(\$391,95)
GAS NATURAL	7 360,73	(¢133,12)	(\$266,25)
ELÉCTRICO	17 769,40	¢16,32	\$32,65
HÍBRIDO G-E	8 884,70	¢72,18	\$144,36
HÍBRIDO G-GN	3 680,36	¢229,16	\$459,32

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Anexo 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012.

En el caso de buses (gráfico A2 y A3), las opciones más interesantes en términos de eficiencia son los híbridos diesel-LPG para las rutas urbanas así como para las rutas interurbanas medias. En término de reducciones de emisiones, al revés, la opción más interesante es constituida por el autobús eléctrico que, a pesar de tener costos todavía elevados, tiene el potencial de reducir más de 60 toneladas de CO₂ equivalente por año por cada bus en circulación comparado a las opciones de la línea base propuesta por el estudio. A continuación para cada componente, detallamos los principales hallazgos y recomendaciones.

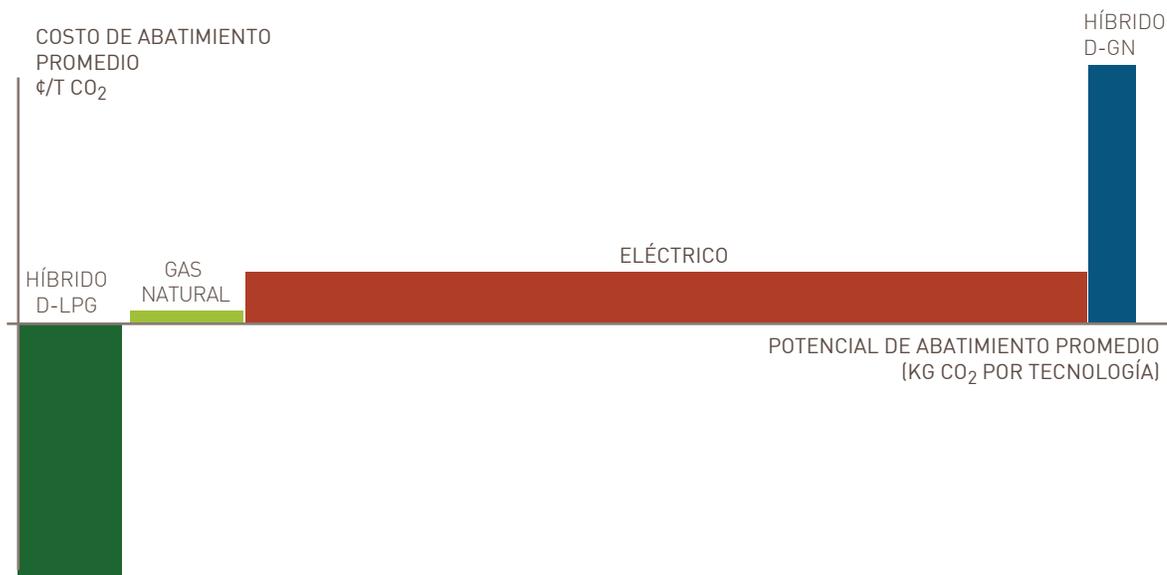
Gráfico A2. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colonas, para la ruta urbana GAM. Período 2011-2017



TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (₡/KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
■ HÍBRIDO DIESEL-LPG	28,381	(₡372)	(\$744,78)
■ GAS NATURAL	54,955	₡7	\$13,77
■ HÍBRIDO DIESEL-GN	27,477	₡204	\$408,44
■ ELÉCTRICO	65,485	₡334	\$668,42

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Gráfico A3. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta interurbana media. Período 2011-2017



TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (T CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (¢/T CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
■ HÍBRIDO D-LPG	11 489,65	(¢857,52)	(\$1 715,05)
■ GAS NATURAL	10 805,92	¢101,16	\$202,33
■ ELÉCTRICO	81 762,29	¢276,43	\$552,87
■ HÍBRIDO D-GN	5 402,96	¢1 171,10	\$2 342,20

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

De las curvas de costos de abatimiento se resalta como LPG y gas natural sean combustibles que podrían seguir teniendo una huella de carbono, pero considerablemente menor a la que se tiene en los actuales vehículos a gasolina y a diesel. En el caso particular de Costa Rica, el segundo ni siquiera se puede comprar en el mercado el día de hoy, mientras que en el primero, existe ya bastante experiencia y mucho interés en trasladar al menos parte de la flota a dicho combustible.

De generalizarse estas tecnologías a más flota, los principales retos serían por lo tanto de carácter logístico dado que la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) tendría que valorar un crecimiento en sus plantas y en su capacidad de almacenamiento y distribución. Igual destino tendría si se tratase de incorporar el gas natural a la matriz energética nacional, requiriéndose de importantes inversiones y sobre todo un cambio en la estrategia energética país.

Las tecnologías híbridas y eléctricas son algo más caras desde la perspectiva del proceso de movimiento de corto plazo, sin embargo representan los mejores escenarios en tanto pueden llevar a una reducción sustantiva de la huella de carbono, sin alterar la calidad del servicio a los clientes. Estos son elementos de gran importancia sobre todo si se logra enlazar la solución del tema eléctrico con la solución en materia de transporte. La eficiencia de los motores eléctricos es cada día mayor y la duración y carga de las baterías está cada vez más cerca de competir con igualdad de condiciones con otras opciones tecnológicas.

La apuesta país a estas tecnologías podría significar un salto cualitativo y cuantitativo en el desarrollo de un sector transporte bajo en emisiones y al mismo tiempo, continuar en la frontera país de favorecer tecnologías verdes. A la altura del proceso, dichas tecnologías requieren de aportes en materia tarifaria y

sobre todo, de medidas NAMAs que garanticen una adecuada infraestructura de apoyo, talleres, sitios de servicio y estaciones de carga que permitan un viaje sin inconvenientes. Además se requieren estímulos para el desecho de los autos viejos con mecanismos de recompra que sirvan para motivar el uso de tecnologías verdes en el transporte.

Con respecto al primer punto, se recomienda que se realicen los esfuerzos necesarios para disponer de la mayor cantidad de alternativas posibles de combustibles en las estaciones de servicio como gasolina, diesel, LPG, gas natural y por supuesto, cargas de electricidad en sus distintas opciones. Esto también involucra necesariamente medidas de normalización y calidad que garanticen la seguridad en el transporte y almacenamiento de los combustibles, así como los elementos tarifarios y de calidad en cuanto al tipo de vehículo y motor.

La necesidad de chatarrización de la flota que termina un ciclo es urgente. El país no cuenta en este momento con una empresa pública o privada que brinde este servicio y que garantice al país de manera fehaciente que el producto se recicla en su totalidad y que las partes no reciclables terminan en un lugar correcto. Es posible que sea necesario fomentar un proyecto público privado como existe en otros países y garantizar a quién envíe su auto o autobús a este sistema pueda recibir un mínimo.

Los impuestos o subsidios son instrumentos que podrían utilizarse para compensar las alternativas más amigables con el ambiente con beneficios a favor o desfavorecer aquellas no amigables con el ambiente. Siempre y cuando no se discrimine entre marcas específicas, la ley y las normas de comercio permiten este tipo de medidas ambientales a favor de un ambiente más sano, sobre todo, si la actividad es de carácter e interés público, tal como el caso del transporte en su modalidad de taxis y autobuses. Se puede también utilizar el modelo de cuasi-rentas locales, tales como permitir el acceso al centro de la ciudad solamente a taxis o autobuses tecnologías baja en emisiones. Se podría solicitar parqueos públicos gratuitos o también, paradas de taxis exclusivas en lugares clave de la ciudad, donde la cuasi-renta del taxi es mayor, para vehículos con menos emisiones o cero emisiones si fuera del caso.

Un complemento importante es garantizar una concesión más larga a aquellos que deban invertir sustantivamente como pioneros en la disminución de su huella de carbono, lo mismo que el uso de vías exclusivas para autobuses o taxis verdes, garantizando así una cuasi-renta mayor debido al incremento de su demanda.

El fomento a talleres y la necesidad de contar con importadores de repuestos de estas nuevas marcas y opciones tecnológicas es algo que también podría requerir un fomento especial. En este campo además se podría desarrollar una NAMAs informativa a usuarios, facilitando enlace de concededores de tecnologías, facilidades de importadores y por supuesto, talleres y ventas de repuestos. Todo lo anterior con un interés esencialmente público.

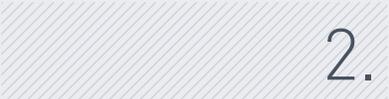
Se hace necesario el pensar en la alternativa del gas natural como combustible alternativo y de transición hacia una economía más baja en carbono. La versatilidad de dicho combustible y las mejoras tecnológicas existentes podrían favorecer una salida intermedia en tanto se consolidan otras opciones de tecnología, tales como la energía solar, los motores alternativos de hidrógeno o inclusive de plasma. Estas medidas requieren de factibilidad, valoración de importar y probar dicho combustible.

Finalmente, es claro que la principal barrera a romper en el sector es el esquema mental y de pensamiento de los actores, tanto públicos como privados. Este proceso requiere campañas de educación en todos sus componentes, desde la divulgación a la presa, la creación de casos piloto, el desarrollo de información técnica por internet con soporte público y el acercamiento de la oferta a la demanda a través de mecanismos tales como ferias. La divulgación será clave en un proceso de auto-convencimiento de los actores tanto del sector de taxis como de autobuseros.

A continuación para cada componente, detallamos los principales hallazgos y recomendaciones.

Para el caso del subsector transporte público autobuses y taxis:

1. Considerando que las NAMAs son actividades, medidas y acciones que permitan corregir la trayectoria tecnológica hacia un patrón de intensidad de carbono menor, favoreciendo la creación de incentivos, técnicos, institucionales y económicos que faciliten la transición hacia una economía baja en carbono.
2. Queda claro que existe un costo incremental positivo para poder convertir un vehículo de servicio público de las tecnologías carbono-intensivas a las tecnologías carbono neutro o de menor intensidad de uso de su huella de carbono. Para evitar confusiones es bueno recordar que los costos incrementales positivos son aquellos costos probables en que una empresa (el taxista por ejemplo) incurrirá como resultado de una decisión empresarial (tener un taxi menos contaminante).
3. Hemos encontrado que las barreras para la implementación de nuevas tecnologías en el campo del transporte público abarcan una gama de factores y no solamente el factor económico de la compra, mantenimiento y reparación y el proceso de salida del vehículo de circulación.
4. Para el caso de Costa Rica, existen condiciones previas favorables para la implementación de medidas de mitigación del cambio climático, sobre todo en términos de actitud de poder cambiar de tecnología y disponibilidad a escuchar opciones.
5. Hemos encontrado que todas las opciones tecnológicas muestran en términos del análisis costo-beneficio muestran factibilidad económica per sé, por lo que el programa tiene una altísima viabilidad en conversión de tecnología sin sustantivos subsidios públicos.
6. Si bien es cierto y bajo la racionalidad de cualquier agente económico, la definición de la alternativa de inversión es por aquella que le da mayor beneficio económico, en este caso, para los taxis existentes el vehículo Hyundai es la versión más deseable económicamente en estas circunstancias.
7. Considerado lo estudiado y las opciones país, las medidas NAMAs pueden detectarse en distintos ámbitos como:
 - Medidas tendientes a modificar la disponibilidad de cambio de tecnología. Son esencialmente aquellas que garantizan un espacio tecnológico, ya sea en el ámbito técnico, económico o social, para la introducción de alternativas tecnológicas nuevas.
 - Medidas tendientes a transformar la flota existente en chatarra. Es fundamental que cualquier cambio en positivo en la selección tecnológica hacia la renovación de una placa de taxi, no implique re-introducir el taxi viejo en circulación y crear un problema de segunda mano. Se debe tener una clara regla de reciclaje de autos y su conversión a chatarra.
 - Medidas tendientes a modificar temporalmente la rentabilidad de las opciones tecnológicas de baja intensidad de la huella de carbono. Estas medidas deben de privilegiar el transporte limpio y pueden ser en ámbito de territorios, tal como lo sería aprovechar el tema de las cuasirentas, como lo sería el crear incentivos crediticos o tributarios para mejorar la competitividad de mercado de los nuevos vehículos y tecnologías.
 - Medidas que permitan complementar las tecnologías en materia de talleres y repuestos. Es fundamental crear credibilidad a los futuros concesionarios sobre la capacidad técnica de atender sus demandas de nuevos bienes y servicios asociados a las nuevas tecnologías.
 - Medidas que favorezcan el espacio a nuevos combustibles alternativos más eficientes. Es vital crear las opciones en el mercado de gasolineras y de espacios disponibles para la comercialización de las opciones de combustible alternativo.
8. Es necesario estudiar las alternativas institucionales y las condiciones para la implementación de estas u otras medidas NAMAs en el país, lo que requiere de un análisis concreto de los actores y de las formas de participación en cada una de estas posibles medidas y/o actividades.



2. INTRODUCCIÓN

El Centro Internacional en Política Económica de la Universidad Nacional fue contratado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) a través de la Dirección de Cambio Climático (DCC), para la ejecución del proyecto “Apoyo a la preparación de estrategias de desarrollo bajo en emisiones y adaptado al cambio climático”, cuya misión consiste en: **“Desarrollar un sistema de incentivos voluntarios en relación con sectores prioritarios (taxis, autobuses y gasolineras) para favorecer el cambio tecnológico (vehículo o combustible) tendiente a una reducción de las emisiones de carbono en el sector transporte público (taxis y autobuses)”**. El abordaje metodológico realizado nos ha permitido concluir con un documento que presenta los subproductos de línea base de emisiones para cada uno de los subsectores y según diversas categorías regionales y de rutas, los escenarios financieros para la determinación de la curva de abatimiento de emisiones utilizando la metodología de costo beneficio, así como, los mecanismos financieros y el diseño institucional para las políticas o posibles NAMAs a implementar para cada uno de los subsectores.

El cambio climático se ha convertido en uno de los principales desafíos que enfrentan nuestras sociedades. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), desde su creación en 1998, se ha dedicado a demostrar, mediante diferentes reportes, el efecto del calentamiento del sistema climático. Lo que se puede evidenciar en los aumentos de las temperaturas promedio de la atmósfera y de los océanos, el amplio derretimiento de los casquetes polares y glaciares y el consecuente aumento en el nivel del mar.

La mayor parte del aumento en las temperaturas medias mundiales desde mediados del siglo XX se debe, con un 90% de probabilidad, al aumento observado en las concentraciones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico (IPCC, 2007); es decir, provocadas por la actividad humana y, particularmente, por el desenfreno de la actividad económica. El cambio climático se encuentra relacionado con la acumulación en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI), cuya emisión está vinculada directamente con la producción y el consumo de energía, mediante el uso de fuentes fósiles.

Costa Rica no se encuentra exenta de los efectos del cambio climático, los mismos se manifiestan de diversas formas directa o indirectamente todos los años, con costos tanto económico, sociales y ambientales.

En este sentido, el Plan Nacional de Desarrollo 2007–2010, en su eje sobre Política Ambiental, Energética y Telecomunicaciones definió el Plan Nacional o Estrategia Nacional sobre Cambio Climático, como acción que permitirá consolidar la construcción de infraestructura física y tecnológica de prevención de desastres por fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como consolidar una visión de país y un mecanismo de coordinación interinstitucional para atender los retos y oportunidades del cambio climático en los diversos sectores. El plan también considera la implementación de una serie de medidas que permitan reducir y mitigar los gases con efecto invernadero. El tema ha sido incorporado en el nuevo Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014, mediante la implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, en donde las acciones se concentran en reducir las emisiones por deforestación y degradación de los bosques en 24%.

Dentro del marco de la Estrategia Nacional sobre Cambio Climático, Costa Rica también ha introducido el compromiso de ser Carbono neutral para el año 2021. La neutralidad se refiere a un compromiso para balancear las emisiones de gases de efectos invernadero con reducciones, captura y almacenamiento de dióxido de carbono.

En nuestro país, el principal emisor de gases efecto invernadero lo constituye el sector transporte, esto debido a la estrecha relación existente entre el consumo de combustibles fósiles y las emisiones de gases efecto invernadero, siendo el sector transporte quién consume el 78% de los derivados del petróleo, demostrando una clara dependencia energética de una única fuente no renovable. En este sentido

cualquier estrategia y/o acción en dicho sector orientada al cambio tecnológico y a la introducción de combustibles alternativos, tendrá un claro impacto en la disminución de las emisiones totales.

A continuación se presenta la cadena de trabajo a realizar, según lo solicitado por los términos de referencia del proyecto. En este informe se realiza para las modalidades taxis y autobuses de transporte público.

Figura 2. Diagrama de flujo de requerimientos del proyecto

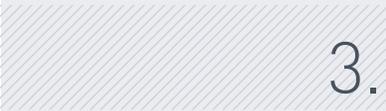


En los componentes de línea base y curva de abatimiento se ha requerido de la realización de encuestas y de trabajo de campo con los actores directos, dado que los estudios existentes no permitían llegar a los niveles de desagregación que requiere el diseño de política. Estos esfuerzos de trabajo de campo a nivel nacional para taxis y autobuses permitirán completar los datos técnicos, económicos e institucionales requeridos para el proyecto y complementar los datos ya existentes en las diversas instituciones que tienen que ver con el sector.

Este informe integra los trabajos en el transporte público en la modalidad de taxis con los resultados del trabajo en el campo de autobuses de transporte público. En cada uno de los sub-sectores se presentan los cálculos de línea base, seguido de la estimación de los resultados del análisis de costo beneficio y seguido se presenta la curva de abatimiento. Al final del apartado en cada sub-sector se presentan propuestas preliminares de Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en Ingles) con base en los análisis llevados a cabo.

Sector Taxis





3. ESTIMACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE EMISIONES

3.1 EL SECTOR DE TRANSPORTE PÚBLICO: TAXIS

Por su naturaleza, el transporte colectivo de personas es una actividad de interés público. Particularmente, para el caso del sector de transporte público mediante la modalidad de taxi, su regulación compete al Estado que en Costa Rica se expresa en dos instituciones esencialmente, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) y al Consejo de Transporte Público (CTP-MOPT) bajo la dirección del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT).

La situación del transporte colectivo de personas en el país ha presentado una serie de deficiencias a lo largo del tiempo (ARESEP, 2012), entre ellas, se destaca la carencia de infraestructura vial adecuada, el aumento de la flota vehicular privada y pública - en el caso de taxis la proliferación de transportistas ilegales. Esto trae como consecuencia un aumento en la congestión urbana y como tal, un mayor consumo de combustibles, con el correspondiente deterioro en la calidad de vida y los efectos en la salud de las personas, entre otros efectos externos directos e indirectos ligados al transporte colectivo y privado. Es solo necesario probar un día ordinario de trabajo en los ingresos a San José para saber en carne propia las consecuencias de este deteriorado sistema de transporte.

De acuerdo al estudio de oferta y demanda sobre transporte público elaborado por LCR, Logístic (2007), para el Programa de Planificación Regional y Urbana del Gran Área Metropolitana (PRUGAM), antes del 2001 el servicio de taxi en el país era de operación privada, a través de la figura de concesión o permiso público. Debido a constantes presiones gremiales para aumentar el número de concesiones y regularizar los permisos para taxis informales, se promulga en 1999 la Ley No. 7969, Ley Reguladora del Servicio Público de Transporte Remunerado de Personas y Vehículos en Modalidad Taxi. La Ley No. 7969, implicó inicialmente un proceso licitatorio para la concesión de 13 700 autorizaciones de operación mediante un proceso de transición que se extendió hasta el 2003.

Sin embargo, el proceso de licitación al limitar el número de concesiones, promovió un creciente grupo de taxistas informales que cada vez se agremiaban en mayor número para presionar sobre sus derechos de operación con base en fundamentos legales y de hecho, entre ellos, fundamentos basados en el Código de Comercio. Cabe aclarar que la aparición de servicios de taxi informal en Costa Rica, tiene su origen en la crisis económica de los años ochenta, donde se da como una alternativa laboral, ante ello en 1992 el gobierno elaboró nuevos permisos de operación con el propósito de formalizar a los taxistas informales, medida que pareció eliminar el problema, pero solo en el corto plazo. Posteriormente, en 1995 nuevos operadores informales reaparecen a pesar del aumento en el número de permisos, inclusive ya para el año 2000 aparecen grupos gremiales bajo la figura del "porteo", con una mayor organización de los mismos bajo figuras jurídicas, con centros de operación e inclusive identificación en sus unidades (LCR, Logístic 2007). Desde el punto de vista económico, toda actividad que tenga rentas o cuasi-rentas elevadas puede ser sujeta al mercado negro o alternativo, en este caso piratas o taxistas informales como se les ha llamado en Costa Rica.

A la fecha, el transporte público de taxi mediante unidades informales continúa mayoritariamente organizado, con radio bases de operación, e identificación en sus unidades, dado que no se reconoce su formalidad, no son regulados, por lo que ofrecen un servicio en la mayoría de los casos en condiciones económicamente más favorables respecto a los taxistas formales. Los taxis formales al encontrarse regulados, se lleva un control sobre la edad de su flota, deben contar con seguros para su vehículo, ocupantes y terceros, además de contar con la Revisión Técnica Vehicular al día, y los respectivos permisos de circulación y demás elementos que la ley establece.

En el ámbito formal, en el país se identifican 13 675 concesionarios de placas de taxi que poseen a su nombre una única placa para brindar el servicio. De la encuesta² aplicada a los concesionarios de taxi es posible identificar dos perfiles:

- **Concesionario-concesionario:** propietario de una placa de taxi, mismo que no ejerce como chofer, sino que contrata choferes para que conduzcan el taxi mediante un acuerdo en el cuál el chofer recibe como remuneración un porcentaje de los ingresos del día.
- **Concesionario-chofer:** propietario de la placa y chofer del taxi que, de acuerdo a las jornadas que se trabajen, puede realizar alguna de las siguientes acciones:
 - Contratar a uno o más choferes para que le colaboren en la prestación del servicio. La modalidad de pago de los choferes es "por porcentaje"; es decir, un 30% sobre los ingresos diarios.
 - No contratar a ningún chofer y trabajar por sí solo. Sus ingresos diarios están conformados por lo que obtiene durante el día.

En cuanto al tipo vehículo que se utiliza para ofrecer el servicio de taxi, sus características dependen de las condiciones de la región en que se presta el servicio y de la capacidad adquisitiva del propietario del vehículo. **La marca que más se utiliza en el país es el vehículo Hyundai por considerarse de bajo costo**, tanto en lo referente al precio del vehículo como a los repuestos requeridos por el mismo. La cilindrada de los taxis urbanos va desde los 1 500 centímetros cúbicos hasta los 1 600 centímetros cúbicos; mientras que los rurales brindan el servicio con vehículos de mayor cilindraje (desde 1 800cc hasta más de 2 000cc) por el estado y el estilo de las carreteras de las zonas. Por su parte, **la mayor parte de la flota es modelo 2000**; aunque el 2008 es el año reciente más utilizado.

En términos generales, **el combustible más usado es la gasolina**, a pesar de que el diesel posea un precio menor. En ese sentido, en promedio, **el rendimiento del combustible del taxi ronda los \$59,07/Km**; aunque se debe rescatar que el gasto de combustible por kilómetro es mayor en las zonas rurales por el empleo de vehículos con mayor cilindrada.

El taxi se trabaja, en promedio, los siete días a la semana durante 16 horas al día; por lo que **alcanza a recorrer entre 1 500 y 1 680 kilómetros semanales**. **Los mayores egresos a los que se enfrenta un concesionario de taxi se concentran en el combustible** y en las pólizas y seguros, ya que el primero de ellos **implica unos \$12 200 diarios**, mientras que el segundo unos \$216 888 semestrales. Por otro lado, el cambio de aceites, el cambio de llantas, la frecuencia de radio, las fibras, el lavado del carro y los repuestos del vehículo conforman gastos de menor cuantía.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN EL SECTOR TAXIS

El sector transporte es uno de los mayores demandantes de energía en el país. Los datos del Balance Energético Nacional (2009) indican que el sector consume anualmente el 44,3% de la energía total, particularmente, empleando derivados del petróleo, en donde demanda el 78% de los mismos. Por su relación directa con el consumo de combustibles fósiles, el sector emite una gran cantidad de gases efecto invernadero, así como, gases que perjudican la salud de las personas. En este sentido, **el objetivo general de ésta sección es la estimación de una línea base emisiones ligada esencialmente a las emisiones de**

2. Encuesta aplicada a concesionarios de taxi en el marco del proyecto, durante los meses de enero-febrero del 2012.

dióxido de carbono, considerando la tecnología actual de transporte colectivo y suponiendo que no existen cambios a futuro en cuanto a la misma.

La definición de la línea base requiere de la estimación de las emisiones de CO₂ anuales para los diferentes medios de transporte. Dado que la tecnología vehicular, el tipo de combustible utilizado, el recorrido, el rendimiento y la vida útil difiere del medio que se trate, se establece a continuación el método a seguir para la estimación de las respectivas emisiones. Cabe mencionar que la disponibilidad de información es fundamental para la estimación de una línea base, además, pueden emplearse diferentes métodos para la estimación de emisiones del sector transporte, la elección definitiva de un método dependerá de contar con la información adecuada para su cálculo. Así mismo, se tomará como referencia el taxi promedio o más común para efectos de generalizar los resultados a toda la flota, dado que tiene poco sentido valorar los casos específicos en este trabajo, por lo que estaremos hablando esencialmente de un taxi representativo.

Particularmente, en el caso de la estimación de las emisiones CO₂ provenientes de la flota vehicular taxis es necesario determinar el consumo de combustibles por tipo: gasolina, diesel o gas licuado del petróleo, de manera anual. Se deberá identificar un vehículo promedio que pueda utilizarse de referencia para extrapolar los resultados a toda la flota, por tanto, se hace necesario determinar la cantidad y composición de la flota de taxis.

Para calcular las emisiones de CO₂ se multiplica el consumo de combustible por tipo, por sus respectivos factores de emisión, de acuerdo a las recomendaciones realizadas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) para la mayoría de inventarios de emisiones a nivel internacional. Sin embargo, se emplearán los Factores de Emisión nacionales estimados y recomendados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para ser empleados en las estimaciones nacionales de gases efecto invernadero. Estos coeficientes al estar adaptados al contexto Costarricense difieren ligeramente de los proporcionados por el IPCC. Este tema si bien es una ventaja en adaptabilidad a Costa Rica, puede fácilmente corregirse si se quiere hacer comparable con datos de otros países.

Las emisiones totales de CO₂ están dadas por la siguiente ecuación:

$$E_{CO_2 T} = (GC_{ij}/CC_{ji}) * FE_i$$

Donde:

$E_{CO_2 T}$ = Emisiones totales anuales de CO₂ taxis.

GC_{ji} = Gasto promedio en combustible por modelo de taxi "j" y combustible "i" por unidad de tiempo (año).

CC_{ji} = Costo promedio del combustible por vehículo "j" según tipo de combustible "i"

FE_i = Factores de emisión para el combustible "i"

Posteriormente, para el establecimiento de la línea base al 2021 se deben tener en cuenta para efectos de proyección los siguientes elementos:

- Composición de la flota de taxis por tipo de combustible
- Renovación / licitaciones futuras para la flota de taxis a partir del 2011
- Identificación de variables "proxy" que permitan determinar el incremento en el consumo de combustible para los vehículos en consideración.

3.3 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA DEL SECTOR

La estimación y el cálculo de una línea base de emisiones para el sector transporte, particularmente buses y taxis, requiere de la disponibilidad de información sobre la composición y característica del sector, rendimiento, consumo de combustible, entre otros. A la fecha la única encuesta disponible en el sector transporte, es la realizada en el año 2004 a cargo de la Dirección Sectorial de Energía (DSE), sin embargo, la información disponible no es suficiente para el cálculo o la estimación de emisiones para el sector taxis, además de lo desactualizada que resulta para efectos del estudio, dado que hablamos de cerca de 8 años atrás. Adicionalmente, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el INCAE, han realizado en los últimos años estimaciones sobre el volumen de emisiones del sector transporte, presentando los mismos resultados a nivel agregado y sus datos no posibilitan la desagregación para los sectores de interés en la presente investigación.

Para cumplir con los requerimientos de información primaria, que permitan estimar una línea base de emisiones para el sector de taxis, se ha elaborado un instrumento (encuesta), cuyo propósito es obtener información sobre la caracterización y uso del vehículo, consumo y tipo de combustible, recorrido, gasto de combustible, entre otros. Adicionalmente, la encuesta busca obtener información que facilite la estimación del gasto y flujo de inversiones para los concesionarios de taxis, además, de sondear el grado de conocimiento en relación a nuevas tecnologías o combustibles menos contaminantes, el grado de disponibilidad al cambio tecnológico de los concesionarios y las potenciales barreras institucionales para adaptarse al cambio.

Particularmente, para la estimación de las emisiones de línea base interesa los resultados de la encuesta referentes a la información sobre datos de uso del vehículo. Lo que a su vez, permite determinar las características y composición de la flota de taxis, por año, tipo de vehículo y tipo de combustible, con lo que se obtiene un vehículo representativo o promedio de la flota.

Para la aplicación del instrumento se ha considerado la población o flota vehicular total de taxis para país. Con este propósito se procedió a identificar los concesionarios de placa de taxi por provincia y cantón, utilizando la información proporcionada por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) sobre el número de placas que han sido asignadas por cantón en el territorio nacional³.

Primeramente se considera como "Población" la cantidad de Placas de taxi concesionadas de acuerdo a los registros proporcionados por la ARESEP, es decir, son el conjunto de todos los elementos que interesan en el estudio. La población corresponde a un total de 13 675 concesionarios, por lo que es considerada una población finita. Dadas las dificultades para encuestar a cada uno de los propietarios de taxi en términos de costo, tiempo y ubicación, se procede a seleccionar una muestra de tamaño "n".

3. Cartel de licitación Decreto Ejecutivo número 28913-MOPT publicado en el alcance 62 a la Gaceta 179.

Dado que, el cálculo del tamaño de la muestra determina el grado de credibilidad que se concederá a los resultados obtenidos, se utiliza la siguiente fórmula del tamaño de la población de manera que obtenga una muestra representativa y estadísticamente significativa:

$$n = Z_{\alpha/2}^2 \frac{N \cdot p \cdot q}{1^2(N-1) + Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n = Es el tamaño de la muestra (número de encuestas que se van a hacer).

N = Es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados).

α = Nivel de significancia del 10%, máximo error.

$Z_{\alpha/2}$ = Valor correspondiente a la distribución de Gauss del 1 960, depende del nivel de confianza que se asigne.

$1-\alpha$ = Nivel de confianza del 90%

Dadas las diferencias existentes entre distintas regiones del país, en relación al volumen de la flota, uso, recorrido, tipo de ruta, velocidad, entre otros, se ha procedido a dividir la población en dos grupos a saber: Grupo A y Grupo B. El grupo A concentra los concesionarios establecidos en la región central del país y que representan aproximadamente el 65% de la población. A su vez, para efectos de estimar el tamaño de la muestra la población se ha dividido en dos subgrupos, siendo A1 el subgrupo que contiene a San José Área Metropolitana y A2 el subgrupo que contiene a las áreas metropolitanas de Heredia, Alajuela y Cartago (ver tabla 1). Para éste último grupo la muestra calculada ha sido distribuida de acuerdo al peso relativo de cada área metropolitana dentro del subgrupo A2.

Tabla 1. Población y tamaño de la muestra para los concesionarios de placa de taxi, para las Áreas Metropolitanas de San José, Heredia Cartago y Alajuela

Grupo A				Muestra	
	Cantón	Área	Población	%	90%
A1	San José	GAM- SJ	6 944	100%	251
A2	Alajuela	Área Metropolitana	784	43%	90
	Cartago	Área Metropolitana	474	26%	55
	Heredia	Área Metropolitana	554	31%	64
	Total		1 812		460

Fuente: CINPE con información proporcionada por ARESEP, 2012

Para la población del Grupo B, han sido seleccionados los cantones y áreas con una mayor cantidad de placas asignadas y considerando un criterio de distribución geográfica, de manera que se logre una representatividad de las zonas rurales o cantones rurales con mayor actividad del país. Estas han sido consideradas como una población, para la cuál se ha calculado una muestra asumiendo un nivel de confianza del 90%. La muestra ha sido dividida entre las áreas seleccionadas de acuerdo a su peso relativo dentro del Grupo B. Cabe mencionar que las áreas seleccionadas han sido validadas en conjunto con la Federación Nacional de Cooperativas de Taxi de Costa Rica (FENACOOTAXI), por tanto, se consideran como representativas.

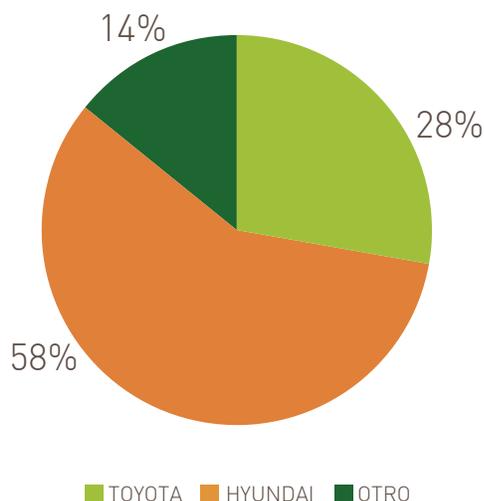
Tabla 2. Población y tamaño de la muestra para los concesionarios de placa de taxi, para los principales cantones de la zona rural

Grupo B				Muestra	
	Cantón	Área	Población	%	90%
B1	Pérez Zeledón	San Isidro	108	6%	13
B2	Grecia	Grecia	98	6%	12
B3	San Carlos	Ciudad Quesada-Fortuna	266	15%	32
B4	Paraíso	Paraíso-Orosí-Cachí	96	6%	11
B5	Turrialba	Turrialba	83	5%	10
B6	Liberia	Liberia	106	6%	13
B7	Nicoya	Nicoya	63	4%	7
B8	Santa Cruz	Santa Cruz	91	5%	11
B9	Puntarenas	Puntarenas	182	10%	22
B10	Garabito	Jaco	80	5%	10
B11	Limón	Limón	372	21%	44
B12	Pococí	Guápiles	100	6%	12
B13	San Ramón	San Ramón	94	5%	11
	Total		1 739	100%	207

Fuente: CINPE con información proporcionada por ARESEP, 2012

3.4 RESULTADOS

Los resultados de la encuesta aplicada a los concesionarios de taxis permiten caracterizar la flota del sector por las regiones establecidas y para todo el país. **El vehículo representativo del sector es el taxi Hyundai**, tanto para la región central como para el resto del país, sin embargo, **el vehículo Toyota también tiene una importancia significativa en la composición de la flota**, por lo que se trabajará para efectos de estimación de las emisiones con ambos vehículos, agrupándose el resto en un sub grupo que se denomina otros. El gráfico 1 muestra la distribución porcentual de los vehículos por marca para el total país, el Hyundai es utilizado en promedio por un 58% de los concesionarios de taxi.

Gráfico 1. Distribución porcentual del tipo de vehículo. Región Central y resto del país

Fuente: CINPE, con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

La distribución anterior varía relativamente dependiendo de la región que se trate, manteniéndose el Hyundai como el vehículo preferido por los dueños de taxi. Para el Área Metropolitana (AM) de San José (Región A1) el Hyundai es el vehículo utilizado en el 63% de los casos, mientras que el Toyota tiene una participación relativa del 28%, el grupo de "otros" ocupa para el AM San José únicamente el 12% incluyendo una gran gama de marcas. Para las áreas metropolitanas de Heredia, Cartago Alajuela (Región A2) el Hyundai es utilizado en el 52% de los casos mientras que el Toyota en un 34%. Finalmente, para la región denominada resto del país (Región B) el Hyundai tiene una participación relativa del 42%, mientras que la marca Toyota es utilizada por el 33% de los concesionarios, para ésta región el grupo de otros es significativamente mayor al de las regiones anteriores, este ocupa un 25% con una gran variedad de marcas, lo que probablemente se refleja en la necesidad de contar con vehículos 4x4, o con otras características para el transporte de personas y mercancías de pequeño tamaño.

Así mismo, una vez identificada la distribución de la flota por tipo de vehículo, se procedió a segmentar las regiones por tipo de vehículo y tipo de combustible, particularmente diesel y gasolina dado que el LPG dentro de la muestras no resultó significativo su uso. La tabla 3 presenta la distribución relativa del tipo de vehículo por región asociado al tipo de combustible utilizado. **Mientras que el vehículo Toyota mantiene una distribución relativamente similar en relación a los vehículos con combustible diesel y gasolina, el Hyundai es esencialmente un vehículo a gasolina.**

Tabla 3. Costa Rica. Cantidad total de los vehículos taxi por marca, de acuerdo al tipo de combustible. Región Central y resto del país

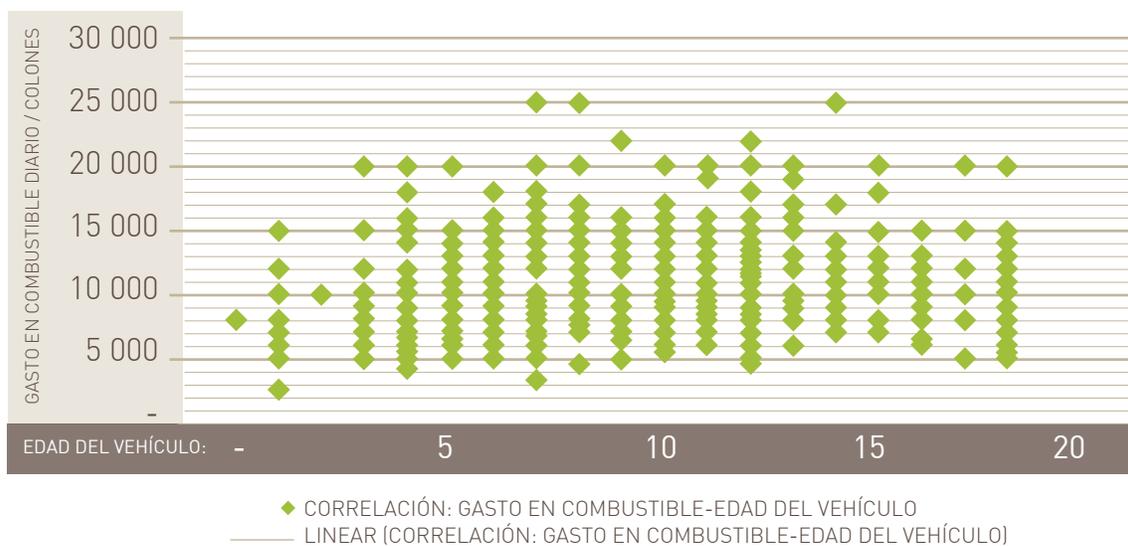
Vehículo	Región A1		Región A2		Región B	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
Toyota	58%	42%	47%	53%	19%	81%
Hyundai	96%	4%	89%	11%	88%	12%
Otro	87%	13%	78%	22%	56%	44%

Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

Posterior a la identificación del tipo de vehículo representativo por región y su segmentación de acuerdo al tipo de combustible utilizado en cada caso, se procede a determinar con base a los datos de la Encuesta a concesionarios de taxi, el gasto promedio por Región (A1, A2, B) por tipo de vehículo y combustible. Los datos de gasto han sido proporcionados por los concesionarios de manera semanal por lo que se ha procedido a anualizarlos con respecto a los días promedio de circulación del taxi por región. Los datos de gasto han sido relacionados con el costo promedio del combustible de acuerdo al precio promedio de los combustibles al consumidor final reportado por RECOPE para las tres últimas solicitudes, esto es de setiembre del 2011 a febrero del 2012. Lo anterior permite establecer el consumo anual de combustible en litros por tipo de vehículo y tipo de combustible para cada región del país, los valores obtenidos han sido multiplicados por sus respectivos factores de emisión.

Los datos obtenidos mediante de la encuesta, permiten analizar la relación entre el consumo de combustible y la edad de la flota de taxis. La información obtenida mediante el cálculo del Coeficiente de Pearson, que muestra la relación o grado de asociación entre variables, indica que la relación entre la edad de la flota y el consumo de combustible es cercana a cero⁴ [0,12] por lo que pareciera que el efecto que la antigüedad de la flota tiene sobre el aumento en el consumo de combustibles es mínima. Tal relación puede observarse en el gráfico 2, donde no se observa un patrón definido entre ambas variables.

Gráfico 2. Costa Rica. Correlación entre el gasto en combustible y la edad del taxi



Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

En este sentido, la baja correlación indica que a pesar de una actualización vehicular, es decir, la sustitución de la flota vehicular actual por vehículos modernos no tiene un impacto positivo significativo en la disminución del consumo de combustible y por tanto en la reducción de las emisiones. Es necesariamente el cambio tecnológico en cuanto al uso de combustibles alternativos, los que pueden reducir el consumo y por tanto las emisiones asociadas.⁵

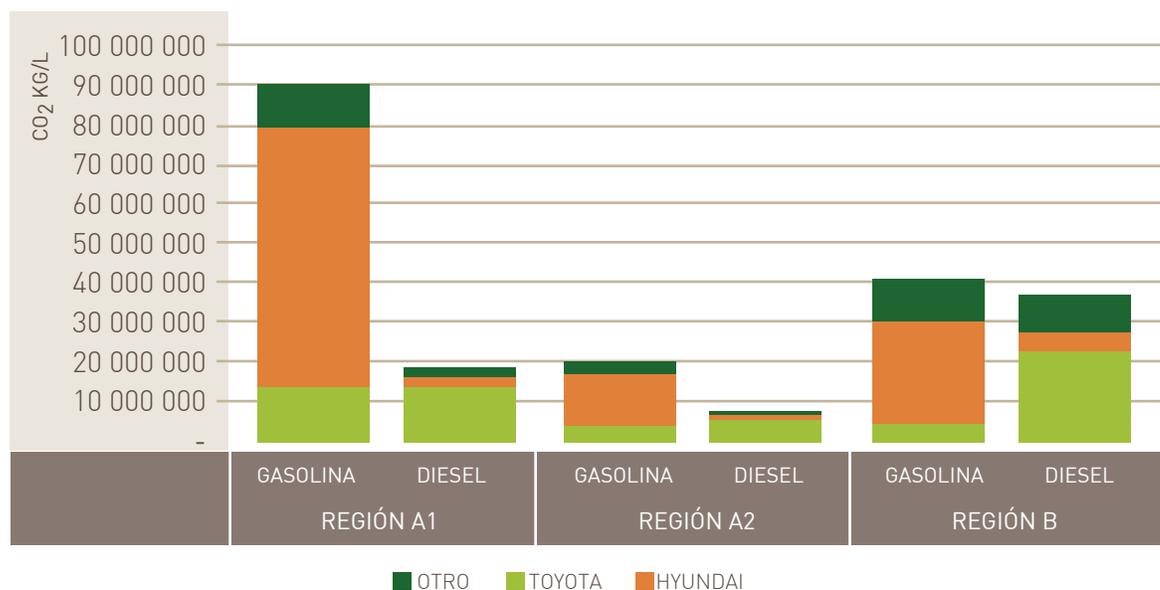
Los resultados respecto al total de emisiones de CO₂ kilogramo por litro de combustible para el total de la flota se presentan en el gráfico 3. Dado que el AM de San José ocupa aproximadamente el 50% de la flota

4. Un coeficiente de Correlación de Pearson de cero indica que no existe correlación/asociación entre variables, entre más cercano a uno mayor es el grado de correlación entre las variables.

5. El análisis anterior deriva de la información obtenida en la encuesta, lo que es aplicable al promedio de taxis. Sin embargo, cabe recalcar que el estudio no tiene como propósito analizar la relación entre la edad de la flota y el rendimiento en términos de consumo de combustible, razón por la cual no se cuentan con mediciones al respecto.

de taxis, las emisiones de CO₂ asociadas se concentran mayormente en ésta región. **El total de las emisiones anuales del sector equivalen a 222 760 toneladas de CO₂ proyectadas para el 2012, de las cuáles 51% corresponden a la Región A1.** Para el caso de la gasolina en las tres regiones la mayor cantidad de emisiones corresponden a los vehículos Hyundai a gasolina.

Gráfico 3. Costa Rica. Emisiones de CO₂ Kg/L anuales, por marca de vehículo y tipo de combustible. Región Central y resto del país. Año 2012 (Total flota taxis)

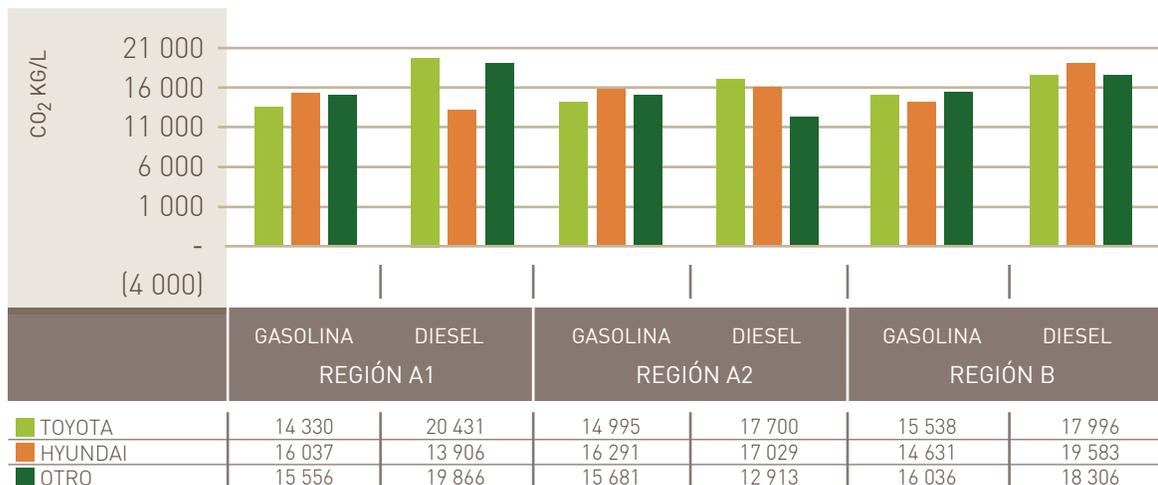


Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

La línea base incluye el cálculo de las emisiones de CO₂ por vehículo, el dato ha sido calculado para los vehículos representativos de la flota, y se cuenta con un indicador para cada tipo de combustible y región del país. **Las emisiones de CO₂ anuales por vehículos van desde las 14,3 Toneladas de CO₂ al año hasta las 20,4 Toneladas de CO₂** (ver gráfico 4) Mayoritariamente, cuando se analizan las emisiones por vehículo y combustible el diesel resulta más contaminante. En promedio, el vehículo Toyota a gasolina emite menos CO₂ comparado con el Hyundai, pero el Hyundai a diesel emite menos CO₂ en relación al Toyota.

Disponer de estimaciones respecto a las emisiones por vehículo resulta fundamental, puesto que cualquier medida que intente reducir las emisiones totales del sector está en función del cambio de tecnología y/o combustible por vehículo, lo que permite ser un parámetro de comparación respecto a las emisiones evitadas ante potenciales medidas de reducción de emisiones.

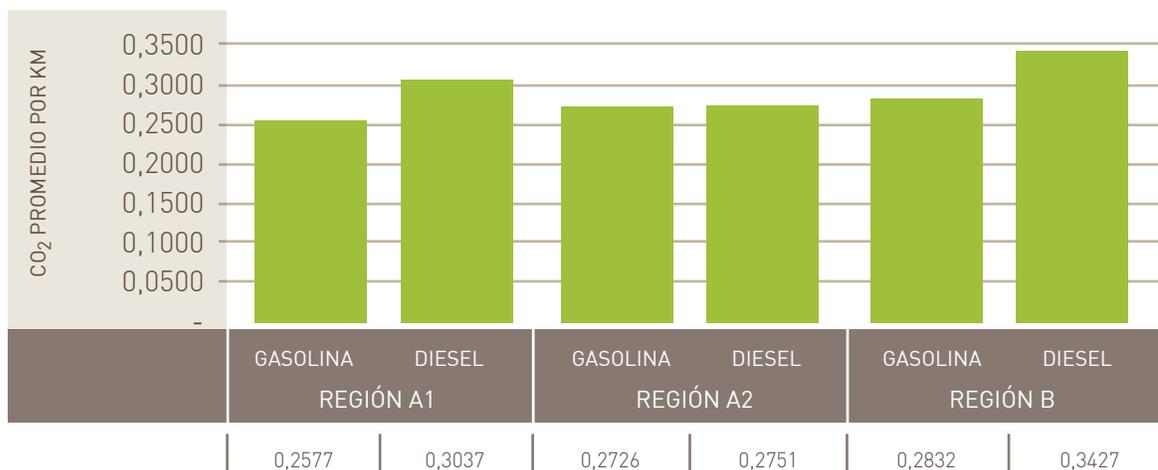
Gráfico 4. Costa Rica. Emisiones de CO₂ Kg anuales, por marca y tipo de combustible, para la región Central y resto del país. (Por vehículo)



Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

Para efectos de comparación con otras tecnologías vehiculares, otros combustibles o bien otros medios de movilización masiva de pasajeros, se ha procedido a obtener un indicador de emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido para taxi por región y tipo de combustible. **El gráfico 5 muestra las emisiones de CO₂ /Km recorrido expresadas en kilogramos de CO₂ y considerando el promedio de Km que recorren los vehículos anualmente.** La región definida como resto del país es la que posee las mayores emisiones de CO₂ por Km recorrido, posiblemente obedece a la poca eficiencia de los motores empleados en las unidades que se desempeñan en las zonas rurales.

Gráfico 5. Costa Rica. Emisiones de CO₂ promedio por Km recorrido para taxis, por tipo de combustible. (KgCO₂/Km)



Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

Así mismo, los datos permiten obtener un promedio de las emisiones de por tipo de vehículo y promedio de emisiones por región del país para cada tipo de combustible. El vehículo Toyota a gasolina resulta más eficiente en comparación con el resto mientras que a diesel el vehículo más eficiente en términos de menores emisiones de CO₂ es el Hyundai (ver tablas 4 y 5). **En promedio un taxi a gasolina emite 0,2711 kilogramos de CO₂ por kilómetro, mientras que a diesel emite 0,3071 kilogramos de CO₂ kilómetro**

recorrido. A manera de ejemplo, la Unión Europea (UE) para 1995 había establecido una norma de cómo máximo 0,140 kilogramos de CO₂ por kilómetro, al 2006 las emisiones por kilómetro estimadas en promedio habían sido reducidas a 0,136 kilogramos de CO₂. Ya para el 2012 la UE mantiene una propuesta para que los nuevos vehículos que se fabriquen y circulen dentro de sus países miembros no emitan más de 0,120Kg de CO₂ por kilómetro (An, Feng, et al; 2007). Lo anterior, contrasta notoriamente con las emisiones por kilómetro estimadas para el caso de taxis en Costa Rica, en donde si consideramos la gasolina, las emisiones por kilómetro alcanzan casi el doble comparadas a las de la UE y sus límites establecidos.

Tabla 4. Promedio de emisiones de CO₂ kilómetro por vehículo para gasolina y diesel

Vehículo / Emisiones	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) gasolina	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) diesel
Toyota	0,2525	0,3156
Hyundai	0,2735	0,2964
Otro	0,2874	0,3092
Promedio	0,2711	0,3071

Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

Tabla 5. Promedio de emisiones de CO₂ kilómetro por región para gasolina y diesel

Vehículo / Emisiones	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) gasolina	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) diesel
Región A1	0,2577	0,3037
Región A2	0,2726	0,2751
Región B	0,2832	0,3427
Promedio	0,2711	0,3071

Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

Adicionalmente, los datos permiten establecer un indicador de emisiones de CO₂ por kilómetro pasajero para cada tipo de vehículo por combustible y región del país. Los datos se han estimado considerando una ocupación de 1,3 pasajero (DSE, 2004). Los datos se presentan a continuación. Este indicador es fundamental para comparar las emisiones por pasajero frente a otro tipo de medios de movilización masiva de personas. **Son los vehículos a gasolina los que tienen las menores emisiones por pasajero.**

Tabla 6. Costa Rica. Emisiones de CO₂ por pasajero/kilómetro (KgCO₂/pKm) para taxis. Por marca y tipo de combustible

Vehículo/Región	Región A1		Región A2		Región B	
	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel	Gasolina	Diesel
Toyota	0,1839	0,2622	0,1962	0,2316	0,2027	0,2347
Hyundai	0,2101	0,1822	0,2108	0,2204	0,2104	0,2816
Otro	0,2008	0,2564	0,2220	0,1828	0,2405	0,2745

Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

Para cada tipo de vehículo han sido estimadas las emisiones de CO₂ promedio por kilómetro pasajero, siendo en el caso de **los vehículo a gasolina un promedio de 0,21 KgCO₂/por kilómetro pasajero y en el caso de los vehículos a diese del 0,24 KgCO₂/por kilómetro pasajero.**

Tabla 7. Promedio de emisiones CO₂ por pasajero / kilómetro por de vehículo

Vehículo / Emisiones	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) gasolina	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) diesel
Toyota	0,1943	0,2428
Hyundai	0,2104	0,2281
Otro	0,2211	0,2379
Promedio	0,2086	0,2363

Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

Así mismo, es posible contar **con indicador de emisiones kilómetro pasajero por región de acuerdo al tipo de combustible**, tal y como lo muestra el tabla 8.

Tabla 8. Promedio de emisiones por pasajero / kilómetro por de vehículo por Región

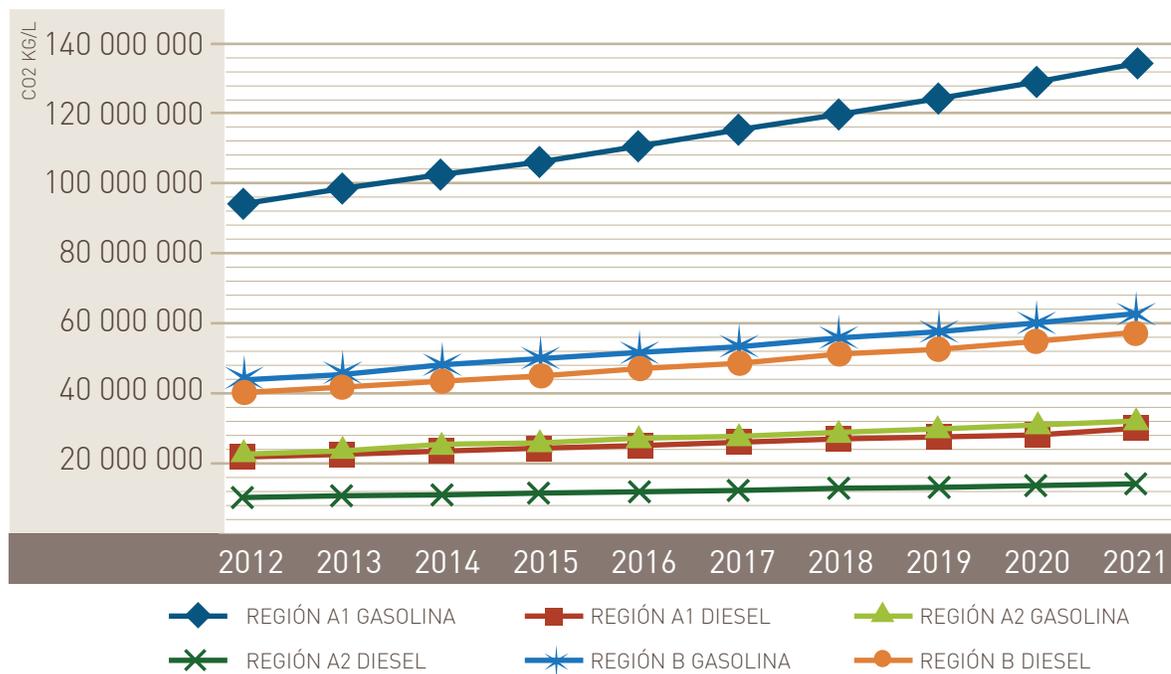
Vehículo / Emisiones	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) gasolina	Promedio emisiones (KgCO ₂ /pKm) diesel
Región A1	0,1983	0,2336
Región A2	0,2097	0,2116
Región B	0,2179	0,2636

Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012

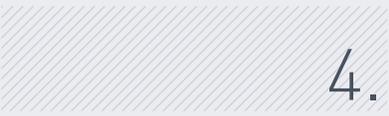
La estimación de la línea base permite considerar el escenario base de emisiones al 2021, lo anterior considerando una tasa de crecimiento del PIB del 4,09%⁶ lo que se utiliza como una variable de aproximación al aumento del gasto en cuánto al consumo de combustible, esto dada la relación directa entre el aumento en el consumo de combustible y el nivel de emisiones. Siguiendo el comportamiento descrito anteriormente y bajo el escenario actual, es decir sin considerar un cambio tecnológico en términos de combustibles alternativos, la gráfica 6 presente el escenario de emisiones de CO₂, lo que para el 2021 significan aproximadamente 319 541,4 toneladas de CO₂ para el total de la flota de taxis, lo anterior implica un incremento del 43% en las emisiones del sector comparadas con las emisiones estimadas en el 2012.

6. Información tomada del Modelo de Equilibrio General Computable (MEGC) para el crecimiento promedio del PIB, desarrollado Rivera, L. y H. Rojas-Romagosa (2009): Human Capital Formation and the Linkage between Trade and Poverty: The Cases of Costa Rica and Nicaragua. Documento de trabajo del proyecto "Poverty, Trade Policy and Complementary Policies," CEPAL-AECID. Mimeografía.

Gráfico 6. Costa Rica. Emisiones de CO₂ Kg/L anuales, por tipo de combustible. Región Central y resto del país. Período 2012-2021 (total flota taxis)



Fuente: CINPE con base en la encuesta aplicada a concesionarios de taxi, 2012



4. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

El análisis costo-beneficio es un método de evaluación agregada que permite confrontar los costos previstos de la aplicación de cualquier programa o proyecto de cambio con los ingresos esperados por el ciclo de vida del proyecto y obtener, la rentabilidad financiera o tasa de retorno de la inversión. En este caso, el ejercicio se realiza para el cambio en la actual flotilla vehicular modalidad taxi y obtener, sus valores actuales netos a lo largo del tiempo o período de inversión, así mismo, permite obtener una indicación de que si el programa presenta resultados favorables de cara a una alternativa relevante. En nuestro caso, sustituir los vehículos de gasolina y diesel a autos híbridos, con diferentes tipos y opciones y/o eléctricos, considerando las condiciones que presenta el mercado costarricense o bien, que podrían importarse o tenerse en el futuro, como es el caso del gas natural.

Si bien el requerimiento de información para llevar a cabo el análisis es bastante amplio, el informe presenta un análisis detallado de la estructura de costos e ingresos para las distintas alternativas de cambio tecnológico y su comparación con el escenario base. El análisis financiero para el taxi representativo, se elaboró a través de la encuesta realizada a concesionarios de taxi e información relevante de instituciones del sector y que permiten, entre otras cosas, tomar decisiones económicas y financieras para posibles aplicaciones de medidas de mitigación en el sector transporte. Todo lo anterior, de cara a la carbono neutralidad⁷ (ver CINPE, 2012. Encuesta propietarios de Taxi: Sub proyecto transporte público).

El informe presenta la estructura de costos base relacionada con el modelo tarifario de ARESEP para el caso de taxis, que nos permite obtener los flujos de costos e ingresos de cada una de las tecnologías con los vehículos representativos. Además de contar con los gastos en combustibles actuales y cambio tecnológico, que se presentan dentro del mercado costarricense. En este sentido se ha logrado prorratear los costos del uso de tecnologías como el LPG, eléctrico, híbrido (gasolina-eléctrico y gasolina-gas natural) y gas natural para su evaluación en el país.

Se analizan las estructuras de costos e ingresos según distintas regiones y combustibles, por lo que se puede obtener un modelo sombra de costo beneficio para cada tecnología y opción a elegir, según la combinación de combustibles. Dicho escenario parte de la comparación de cada alternativa con el más económico de los escenarios presentes, cual es el modelo Hyundai, estimado en la encuesta como el vehículo representativo del sector. Todos los valores son promedios y tienen una variabilidad asociada al error de +- 5% de significancia que se generó en la encuesta realizada.

Para el diseño del mecanismo financiero de la estrategia de desarrollo bajo en emisiones y adaptado al cambio climático para el sub sector de transporte público modalidad de taxis se definen los siguientes pasos:

Análisis de la viabilidad financiera (Costo-Beneficio) del cambio tecnológico: Se llevó a cabo un análisis de la viabilidad financiera del cambio tecnológico. Esto implica un análisis de las diferentes alternativas tecnológicas existentes en el mercado costarricense para el reemplazo de la flotilla de taxis (transporte urbano e inter-urbano) por transportes más eficiente (menos cantidad de emisiones de CO₂) del 2012 al 2017.

Se define como método de evaluación la realización de un análisis de costo-beneficio para las distintas alternativas existentes en el mercado o de posible introducción el él. **El análisis costo-beneficio busca medir en el tiempo todos los beneficios y costos del proyecto, el análisis de costo-beneficio se estima con tres indicadores distintos que son, el valor presente neto del proyecto, el cálculo de la tasa interna de retorno y el cálculo de la relación costo beneficio.**

7. Según INTECO la norma C-Neutralidad "INTE 12-01-06:2011" se logra cuando a través de un proceso transparente de medición de las emisiones (e), el resultado del cálculo neto de las emisiones menos las reducciones y/o remociones internas (r), menos la compensación (c) es igual a cero. Expresada como: Donde "i" es el año o período del inventario.

La tasa de descuento es el resultado de convertir los impactos que surgen en el tiempo en un valor presente común. **El Valor Presente Neto (VPN)** se obtiene de descontar los beneficios y costos al inicio del proyecto a una tasa de descuento pre-definida. La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los beneficios y los costos. **La relación Costo-Beneficio (B/C)** es una derivación del criterio del valor presente comparando los beneficios descontados con los costos descontados.

El análisis costo-beneficio implica el cálculo de los beneficios y los costos de las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se requiere estimar el flujo de ingresos netos de los taxis y de los autobuses representativos, ante la situación actual (línea base) estimada o escenario de negocios, sin cambio y los flujos de ingresos de las diferentes alternativas tecnológicas que presenta el mercado costarricense y que podrían estar disponibles para taxis o buses alternos al indicador representativo del escenario sin cambios.

En el caso de taxis se analiza las alternativas para sustituir los vehículos de gasolina y diesel, por autos híbridos, eléctricos o gas natural que presenta el mercado costarricense o bien que podrían importarse, como por ejemplo los que ofrecen las empresas **Toyota en híbridos, o REVA y Mitsubishi en autos eléctricos. Al realizar la comparación de costos beneficio de las distintas alternativas, podríamos tener como resultado la razón o porcentaje de ajuste en ingresos necesario para garantizar que son económicamente viables y competitivas las opciones presentadas.**

Con todo lo anterior se pretende minimizar el costo de reducir la contaminación de acuerdo a una meta establecida en el año 2021, lo que requiere de manera deseable igualar el costo de abatimiento con las posibles opciones y sectores para la reducción de las emisiones. Las opciones de abatimiento disponibles para un individuo en particular o para el sector en su totalidad: cambio de insumos o combustibles más limpios, costos de instalación y la reducción en la escala de producción. **Cada individuo o sector en su totalidad debe enfrentar diferentes costos de abatimiento y la intensidad de las emisiones existentes.**

En conclusión, **la aplicación del método costo-beneficio permite identificar las alternativas de mitigación y su respectivo costo de abatimiento de emisión para cada una de ellas, según los diferenciales económicos de mercado y las condiciones de uso de la tecnología definida como escenario base.** Lo anterior permite cumplir el objetivo de crear opciones para reemplazar la flota de vehículos de taxis y transporte urbano e inter-urbano de forma voluntaria y generar, entre otros temas y políticas, estímulos para reducir las emisiones de CO₂ al menor costo social posible.

Se realizó una revisión de las alternativas de financiamiento que ofrece el sistema bancario nacional por medio de arrendamientos financieros o leasing. Para cada opción representativa en taxis, se definirá los patrones de financiamiento y alternativas financieras disponibles, a partir de lo cual se construirá los niveles de rentabilidad de un proyecto según cada opción tecnológica. Esto implica un análisis de los requisitos legales, financieros, tasas en colones y dólares y plazos, que de acuerdo a las necesidades de inversión de los sub sectores bajo análisis hagan viable la inversión en un corto, mediano y largo plazo. Se realizaron entrevistas a representantes de los Bancos Nacional, BAC-San José, PROMERICA, Banco Popular y Scotiabank, así como, otras opciones de financiamiento disponibles en el mercado al momento del Estudio, marzo del 2012.

4.1 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO TAXI REPRESENTATIVO

El transporte público modalidad taxi es un servicio público, el cual está sujeto a regulación a través de entidades estatales y su explotación es realizada por particulares mediante concesión administrativa otorgada por el Consejo de Transporte Público del Ministerio de Obras Públicas y Transporte. La regulación económica, es decir la fijación de tarifa por prestación del servicio, es competencia de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, entidad designada por ley, quien tiene también la responsabilidad de la formulación y revisión de los modelos de fijación de precios y tarifas.

El modelo económico que se determina en el presente estudio para la modalidad de taxi se define para un taxi representativo de costos e ingresos promedios que conlleva la actividad del servicio de taxi a nivel nacional. Se analizan todos los aspectos relacionados a la inversión y costos.

La estructura del modelo se fundamenta en la identificación y cálculo de todos los costos que genera el transporte público modalidad taxi, por la representatividad obtenida de la encuesta a nivel nacional dentro de la línea base, esto incluye los siguientes parámetros:

- Costo anual por reposición de activos fijos.
- Costo anual por pago de derechos, seguros, revisión técnica y cánones.
- Costo anual por administración de la actividad (Frecuencia de radio)
- Costo anual por pago de salarios, incluyendo cargas sociales.
- Costo anual por consumo de combustibles.
- Costo anual por reparación y mantenimiento.
- Costo anual por consumo de llantas y lubricantes.
- Costo anual por pago de cuotas de financiamiento.
- Costo anual por pago de impuesto a la renta.

Respecto a la estimación de ingresos, se utiliza el promedio de Km recorridos por taxi semanalmente de acuerdo a la región (datos obtenidos de la encuesta), con lo que se toma la tarifa plana de salida del taxi únicamente, no se incluye el regreso que debe ser el taxi a su base.

Los costos actuales con los que opera un taxista en Costa Rica para el área metropolitana y rural se estimaron de acuerdo a la encuesta realizada. Según los resultados obtenidos el taxi representativo corresponde al vehículo Hyundai, Toyota en el área urbana y el Daihatsu en la zona rural. Los valores de los costos fijos, como el derecho de circulación, seguros y pólizas, la depreciación lineal, frecuencia de radio, Riteve y gastos por canon de regulación, representan un valor de ₡2 458 273 lo que equivale a un 11,62% del total de costos para el taxi Hyundai. Los costos variables como el salario del conductor se determinaron en un 30% del porcentaje de ingresos totales obtenidos por el servicio brindado, incluyendo cargas sociales según lo establece la ley costarricense. Para el cálculo de la depreciación se consideró una tasa de depreciación anual lineal del 20% que corresponde a la ley del impuesto a la renta en este tipo de activos, además se considera un valor del rescate para el vehículo al finalizar su concesión, determinando un valor comercial si fuese vendido como un carro de segunda. La depreciación en este caso incluye actividades como afinamiento del vehículo, cambios de bandas y fajas, cambio de rótulas, fibras de frenos, arreglos en el sistema de embrague, cambio de compensadores, arreglos en el sistema eléctrico, etc.

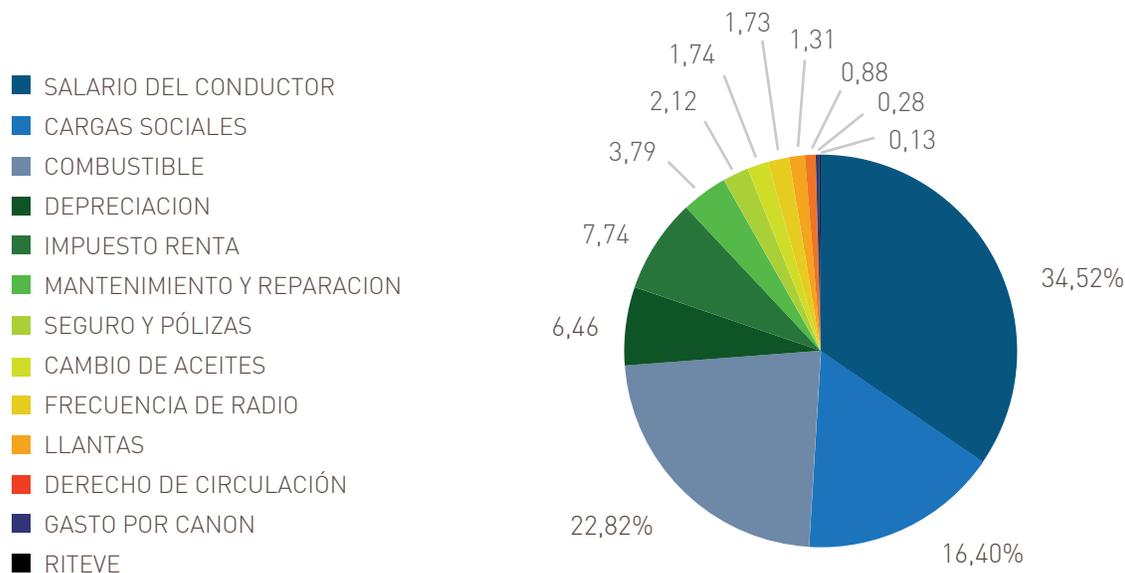
De los resultados de la encuesta a los concesionarios de taxis fue posible determinar el gasto promedio de gasolina al día, por lo que se presentó un costo promedio de ₡11 300 por día en combustible. Además se considera que el taxista labora los 7 días a la semana y que maneja un promedio de 16 horas diarias por lo que el gasto mensual en gasolina es de ₡316 432 (ver tabla 9).

Tabla 9. Estructura de costos: taxi Hyundai, marzo 2012 colones

Costos			
	Cantidad	Costo mensual	Costo Anual
Costos fijos			
Derecho de circulación	1		₡147 000
Seguro y pólizas	1	₡29 355	₡352 260
Depreciación			₡1 074 805
Frecuencia de radio		₡23 989	₡287 870
Riteve	2		₡21 428
Gasto por canon	1		₡59 910
Costos variables			
Salario del conductor		₡704 776	₡8 457 308
Combustible	1	₡316 432	₡3 797 190
Llantas	2	-	₡217 910
Cambio de aceites	12	₡24 131	₡289 569
Mantenimiento y reparación	12	₡52 550	₡630 600
Cargas sociales		₡33 4768	₡4 017 221
Impuesto renta			₡1 288 727

Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

Gráfico 7. Porcentaje estructura de costos: taxi Hyundai, marzo 2012



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

De acuerdo a los principales gastos operativos que tiene el taxi representativo como se observa en el gráfico 7, el 51% representa el salario del conductor incluyendo cargas sociales, seguido del gasto en combustible que representa el 23% del total de gasto operativo de su actividad, en este caso corresponde al gasto en gasolina. Es importante que este tipo de gasto sea muy sensible cuando se compara con otras tecnologías que más adelante se presenta.

En la tabla 10 se presentan los costos para el taxi marca Toyota que representa la segunda opción más utilizada por el sector de taxis dentro de la GAM con una diferencia al Hyundai en su rendimiento, menor costo en su mantenimiento. El vehículo Toyota a pesar de tener un costo mayor es la segunda marca más utilizada por los propietarios de taxi a la hora de renovación de la concesión en la última década.

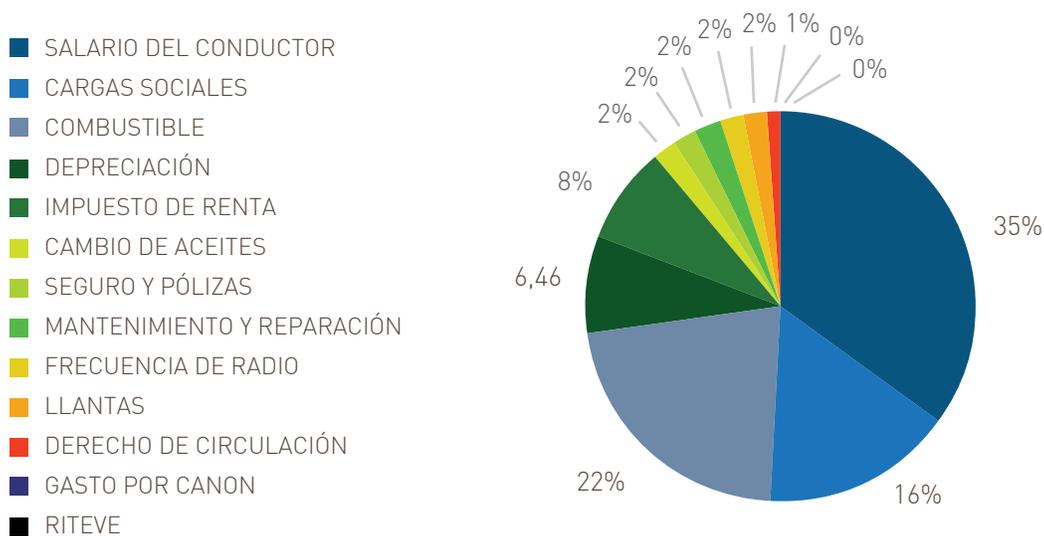
Tabla 10. Estructura de costos: taxi Toyota urbano, marzo 2012 colones

Costos			
	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Costos fijos			
Derecho de circulación	1		¢183 000
Seguro y pólizas	1	¢29 469	¢353 628
Depreciación			¢1 261 750
Frecuencia de radio		¢24 320	¢291 840
RITEVE	2		¢21 428
Gasto por canon	1		¢59 910
Costos variables			
Salario del conductor		¢690 693	¢8 288 315
Combustible	1	¢299 312	¢3 591 739
Llantas	2	-	¢260 133
Cambio de aceites	12	¢34 777	¢417 319
Mantenimiento y reparación	12	¢27 139	¢325 666
Cargas sociales		¢324 626	¢3 895 508
Impuesto de renta			¢1 376 850

Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

En el caso del **vehículo Toyota que utiliza combustible diesel y a un mayor rendimiento el gasto en combustible es menor que el Hyundai, con lo que representa en este caso un 21% del total de gasto total**. Asimismo el gasto en mantenimiento es menor si se compara con el Hyundai al representar solamente el 2% del gasto total (ver gráfico 8).

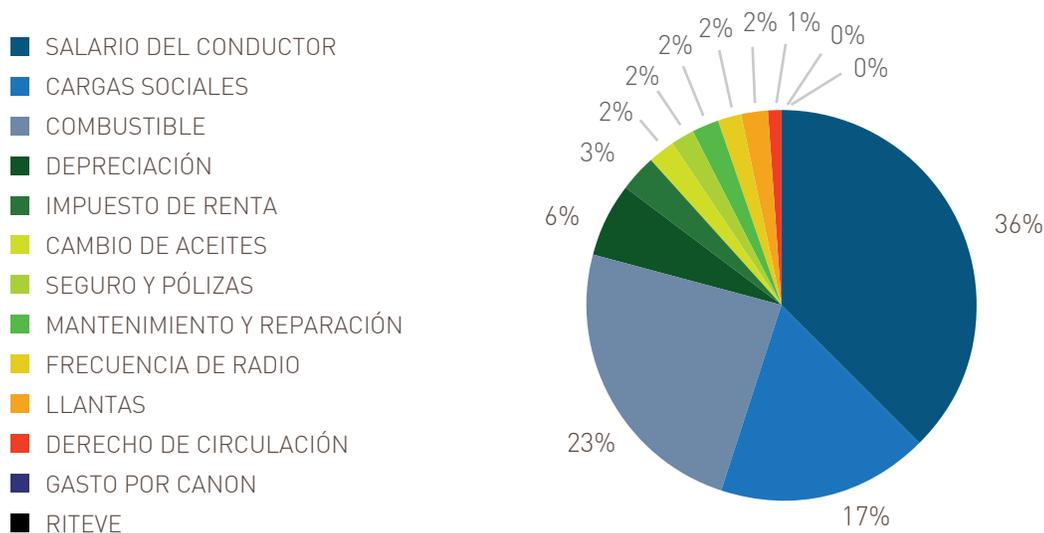
Gráfico 8. Porcentaje estructura de costos: taxi Toyota, marzo 2012



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

El análisis contempla el uso de un taxi representativo **en la zona rural en este caso de acuerdo a la encuesta sobresale el vehículo Daihatsu Terios con una cilindrada de 1 500cc que utiliza combustible gasolina**. En este caso el gasto en combustible representa el 23 % del gasto total y a diferencia del Hyundai y Toyota su costo en mantenimiento y reparación es mayor por motivo de las condiciones de infraestructura que presenta el país en zonas fuera del área metropolitana. (ver gráfico 9).

Gráfico 9. Porcentaje estructura de costos: taxi rural, marzo 2012



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Tabla 11. Estructura de costos: taxi Daihatsu Terios rural, marzo 2012

Costos			
	Cantidad	Costo mensual	Costo Anual
Costos fijos			
Derecho de circulación	1		¢183 000
Seguro y pólizas	1	¢31 020	¢372 240
Depreciación			¢880 968
Frecuencia de radio		¢30 465	¢365 583
RITEVE	2		¢21 428
Gasto por canon	1		¢59 910
Costos variables			
Salario del conductor		¢651 218	¢7 814 619
Combustible	1	¢303 282	¢3 639 381
Llantas	2	-	¢294 653
Cambio de aceites	12	¢29 633	¢355 592
Mantenimiento y reparación	12	¢80 128	¢961 538
Cargas sociales		¢306 073	¢3 672 871
Impuesto de renta			¢509 292

Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

4.2 ESTRUCTURA DE INGRESOS TAXIS REPRESENTATIVOS URBANO Y RURAL

La estimación de ingresos se realizó de acuerdo a la encuesta aplicada a los taxistas, estos mencionaron que recorren un promedio de 1 680Km por semana en el caso del vehículo representativo Hyundai y Toyota del cual se toma únicamente la carrera de salida a la tarifa establecida por ARESEP de 570 colones el Km recorrido. Con lo que se estima un ingreso bruto de ¢22 982 400 anual. A continuación se presenta las estimaciones de ingresos para el vehículo representativo Hyundai, Toyota y Daihatsu que varía según la zona del país (ver tabla 12). En los anexos 13 y 14 se muestra el escenario de un taxista que realiza solamente una jornada de 12 horas promedio diario, esto para mostrar el costo-beneficio para este tipo de taxista dentro de un análisis de sensibilidad que se realizó para efectos de mostrar su rentabilidad.

Se estima que también un ingreso residual del vehículo a lo largo del periodo de 6 años, como parte de la renovación y venta del vehículo, en este caso el concesionario obtiene un ingreso adicional que se suma en el último año a sus ingresos en su flujo efectivo.

Tabla 12. Estructura de ingresos: taxis representativos urbano y rural, marzo 2012

Ingresos	¢ / Km	Km recorridos por semana	Ingreso mensual	Ingreso Anual	Ingreso Total
	Ingresos Taxista				
Tarifa de salida 1/ Hyundai	570	1 680	¢1 915 200	¢22 982 400	¢22 982 400
Toyota	570	1 680	¢1 915 200	¢22 982 400	¢22 982 400
Daihatsu	570	1 500	¢1 710 000	¢20 520 000	¢20 520 000

Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Nota: 1/ Se toma como referencia únicamente la salida que hace el taxista y no se incluye la vuelta.

4.3 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO TAXIS URBANO Y RURAL

Una vez establecidas todas las inversiones, gastos e ingresos, además de haber determinado la depreciación y pago mensual de la cuota de financiamiento según las condiciones actuales medias del país y el impuesto de renta, es importante plantear los principales supuestos económicos para el análisis de rentabilidad de la actividad realizados.

El plazo de financiamiento obtenido por el sistema bancario nacional se establece en 6 años para un proyecto de inversión de compra de vehículo nuevo, en ese tiempo se conocería si el taxista habrá recuperado su inversión y habrá generado una utilidad. La tasa de interés con que se opera es de 8% anual en dólares promedio según cotizaciones realizadas a los distintos bancos en Costa Rica, a nivel público como privado. Para el cálculo de los supuestos de este informe, se considera una inflación del 4% anual promedio de los últimos 3 años que ha tenido el país con lo cual se hacen las proyecciones financieras del flujo del proyecto. La tasa social de descuento se establece en un 10% de acuerdo a la establecida por el BID para proyectos de inversión social en este caso de transporte público en Costa Rica. Con esto se estima todos los flujos esperados del proyecto a valor presente.

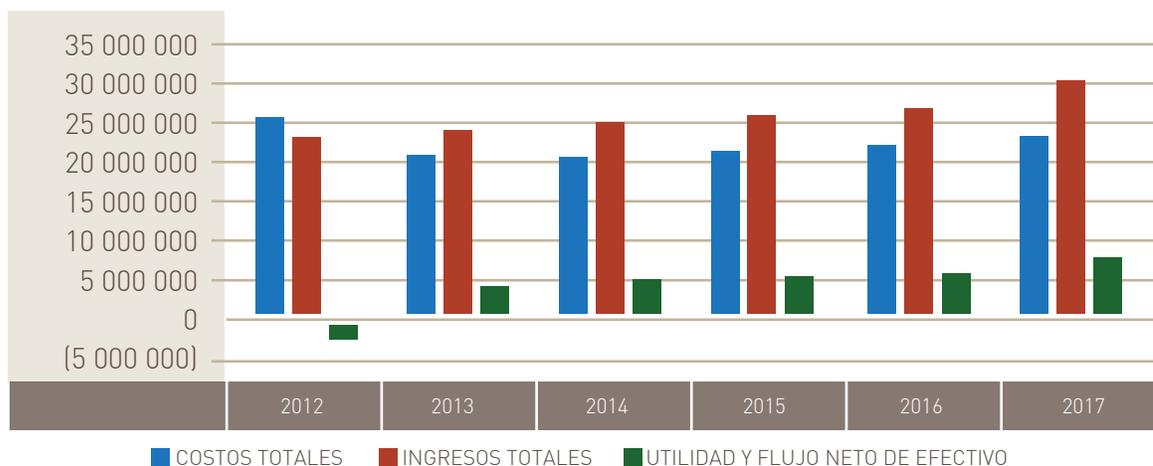
Los cuadros que se muestran a continuación reflejan al análisis financiero elaborado en las condiciones actuales del taxi representativo de acuerdo a los costos de operación estimados y los ingresos brutos establecidos por unidad para el periodo 2012-2017.

El análisis de evaluación de flujos netos para el taxi representativo en las diferentes zonas se presenta con las proyecciones en los gráficos 10, 11 y 12. Los resultados obtenidos nos da que en el caso del taxi Hyundai es el más rentable a nivel económico para lo cual confirma el por qué sigue siendo el taxi más utilizado en el país y la actividad es tan rentable, de acuerdo a las condiciones presentes que ha tenido una alta competencia de manera ilegal, motivado por las utilidades que genera una actividad que ha venido en crecimiento en los últimos años.

Es importante considerar que si bien la actividad es muy rentable, existen rentas diferenciadas según se trate de sector urbano o rural y dentro de lo urbano, las distintas regiones. Es por eso que sería prudente hacer un análisis de cuasi-rentas, es decir, ubicar la rentabilidad por punto o parada de taxis, dado que los

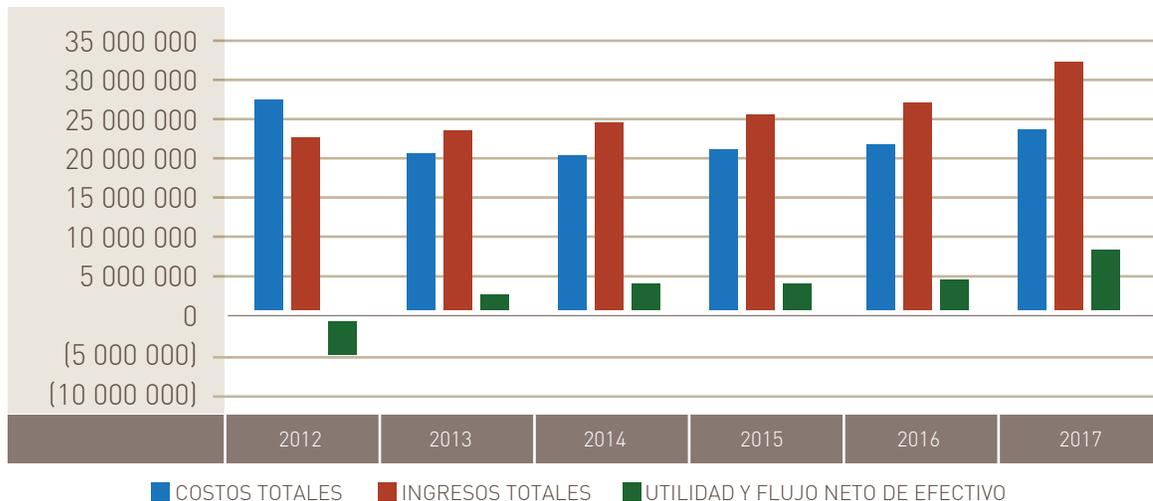
centros de ciudad son lugares de alto valor económico. Es por eso que esos sitios deberán considerarse prioritariamente en el diseño de políticas y acciones de cambio de tecnología.

Gráfico 10. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras taxi urbano Hyundai, marzo 2012 (colones)



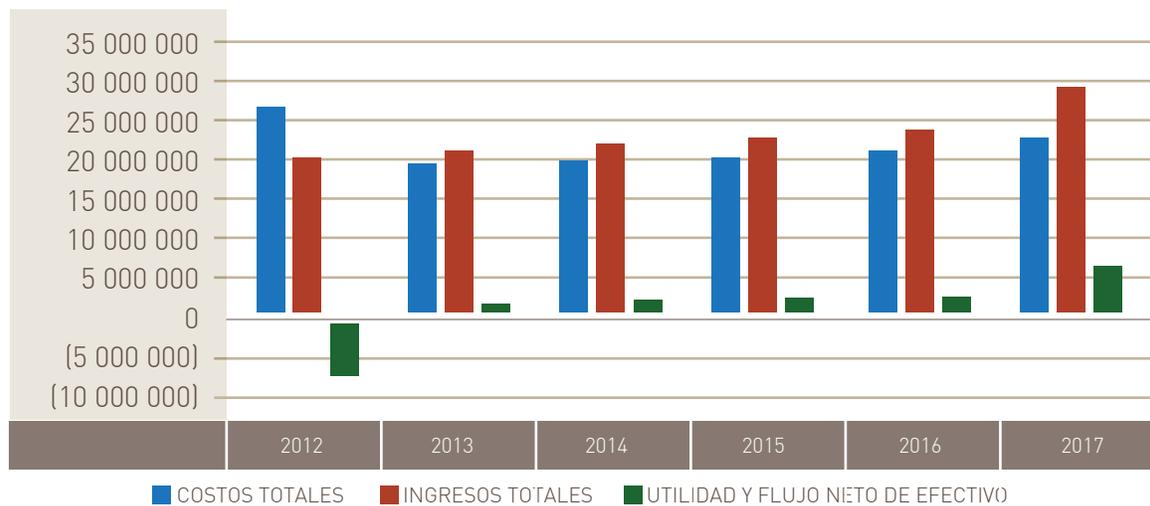
Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

Gráfico 11. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras taxi urbano Toyota, marzo 2012 (colones)



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Hacienda

Gráfico 12. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras taxi rural Daihatsu, marzo 2012 (colones)



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

4.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD TAXIS REPRESENTATIVOS URBANO Y RURAL

El valor actual neto significa traer del futuro al presente las cantidades monetarias a su valor equivalente. En este caso se presenta un VAN positivo significará que habrá ganancias más allá de haber recuperado el dinero invertido y del cual se acepta la inversión. En este caso los tres modelos de línea base son aceptados económicamente, siendo el taxi Hyundai el más rentable en todos los casos.

Considerando las características de la flota y los distintos factores que inciden tanto en el costo como en los ingresos, hemos realizado una serie de supuestos base para construir escenarios de ingresos y de costos. Es claro que según sean dichos supuestos, los factores de rentabilidad y de VAN y TIR se verán afectados, en algunos casos de forma sustantiva. Estos supuestos recogen recomendaciones realizadas por el MINAE y por el PNUD para las versiones iniciales de este trabajo. En este caso hemos optado por un grupo de supuestos de ingreso que asumen que el taxi es una opción individual de un chofer taxista concesionario que labora alrededor de 16 horas al día, algo que es lo que encontramos en uno de los tres modelos de taxistas que se evidenciaron en la encuesta. Es evidente que las tasas de rentabilidad son más altas cuando se cuenta con modelos de negocio distintos, donde el taxista opera su unidad en dos o inclusive tres turnos al día.

Supuestos para el cálculo del análisis costo-beneficio modalidad taxi

Tabla 13. Supuestos considerados en el análisis costo-beneficio, sector taxis

Componente de costo	Otros complementarios de cálculo
Exoneración	Se toma la exoneración de impuestos para un vehículo urbano del 70% y un vehículo rural 100% según lo establece la ley de exoneración N 7293.
Depreciación	Se aplicaba una depreciación lineal del 20% al valor de compra de los bienes invertidos en la operación del servicio, a saber: <ul style="list-style-type: none"> - Vehículo automotor nuevo. - Taxímetro. - Equipo de radio-comunicación (en caso de que el vehículo operara con este tipo de equipo). Para la aplicación de la depreciación se fijó la vida útil tanto del vehículo como de los equipos a seis años, se toma además el valor residual del vehículo en un porcentaje por el reglamento del impuesto sobre la renta esto después que se puede vender e vehículo a un uso comercial.
Ingreso mensual	De acuerdo a la encuesta realizada a concesionarios de taxi se toma en cuenta para la estimación de los ingresos. <p>Número promedio de días en operación por mes:</p> Se estima que el taxi promedio es utilizado 7 días a la semana en la prestación de su servicio.
	Jornada promedio diaria del taxi:
	La cantidad de hora promedio laboradas por la unidad de taxi según la encuesta es de 16 horas aproximadamente esto mediante el concurso de varios conductores.
	Número promedio de viajes por día (Vd):
	Parámetro que determina para cada tipo de vehículo taxi, la cantidad de viajes que en promedio realiza en forma diaria por tipo de jornada. Este parámetro se consideró solamente la carrera de salida del taxi y no la vuelta al sitio de estacionamiento.
Cargas sociales	Rubro proveniente de la consideración de los porcentajes de las contribuciones y aportes sociales derivados de la relación obrero-patronal. A enero del 2012, el porcentaje global correspondiente a este rubro era de un 47,5% del total de salarios.
Plazo de financiamiento	Se toma el plazo de financiamiento de 6 años según cotizaciones realizadas en la banca comercial y privada para vehículos modalidad taxi.
Tasa de inflación	Se toma el promedio de la inflación de los últimos 3 años que en el caso de Costa Rica es de un 4%.
Tasa de descuento	La tasa de descuento se estima en un 10% para proyectos de inversión social.

Fuente: Elaboración propia con datos de la encuesta nacional de Taxi, ARESEP y Ministerio de Hacienda.

Respecto al indicador de la rentabilidad, se observa que la tasa interna de retorno (TIR) es mayor que a la tasa mínima de rendimiento establecida por el proyecto cuando se adquiere el préstamo, lo que significa que las ganancias expresadas por los taxistas son suficientes para recuperar su inversión y obtener una ganancia neta. Bajo estos supuestos, **el caso del vehículo Hyundai presenta una TIR de 123%, el Toyota 61% y el Daihatsu de 18% (ver tabla 14).**

Tabla 14. Determinación de los parámetros de rentabilidad.
Taxis representativos urbano/rural

	Taxi Hyundai Urbano	Taxi Toyota Urbano	Taxi Daihatsu Terios Rural
VAN	14 228 167	12 047 669	4 331 072
TIR	123%	61%	18%
Análisis Costo-Beneficio	1,30	1,31	1,25

Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

A partir de estos escenarios base para el Hyundai, el Toyota y el Daihatsu, pasamos a realizar un análisis de las proyecciones financieras de la utilización de vehículos cuya huella de carbono es menor, es decir, lo que asumiremos como variable a valorar es la intensidad de emisión de CO₂ de este grupo de vehículos, pasamos previo a la descripción general de dichas opciones tecnológicas.

4.5 VEHICULOS DE TECNOLOGÍA AMIGABLE CON EL AMBIENTE

4.5.1 Vehículos Eléctricos⁸

Los motores eléctricos destacan por su alta eficiencia a diferentes regímenes de funcionamiento. Para analizar su eficiencia energética hemos de centrarnos en la forma de suministro de energía eléctrica al motor. **El futuro de los vehículos puramente eléctricos parece pasar por las nuevas generaciones de acumuladores químicos (Batería de ión de litio) cada vez con mayor densidad de carga y longevidad, que permiten mover motores más potentes y aumentar la autonomía hasta los 200 e incluso 400Km.**

En el caso del vehículo eléctrico, **el gasto energético del motor de un vehículo eléctrico oscila en 16 kW/h en un recorrido de 160Km.** Tomando como ejemplo el consumo del vehículo Mitsubishi iMIEV, es posible aproximar la energía con la que se ha de cargar las baterías para realizar dicho recorrido. Suponiendo una eficiencia de carga del 85% y una eficiencia del ciclo de descarga del 95% (80% en picos de potencia), **habrá que alimentar las baterías con 16 kW/h para recorrer los 160Km a un costo en una estación de servicio eléctrico por 71,24 colones por kW/h durante 8 horas.** En este caso el costo de la batería Baterías Ion-Litio es de aproximadamente \$500 000.

8. Consenergy S. A. 2009. "Servicio de Ingeniería con el fin de realizar un estudio para la introducción de Tecnologías Limpias y Eficientes en el Mercado Nacional" MINAE, San José Costa Rica.

4.5.2 Vehículos Híbridos

Se conoce como híbrido **al vehículo que es movido como consecuencia de la combinación de dos fuentes de energía diferentes; ejemplo, gasolina-electricidad, diesel-electricidad, etc.** En el caso del análisis se supone que este funciona 50% gasolina, 50% electricidad. Este supuesto podría ser demasiado estricto, sin embargo no tenemos en el país las condiciones de probar en qué proporción de uso podría usarse las tecnologías híbridas, por lo que el supuesto de 50 y 50 resulta los más plausible en este caso.

4.5.3 Vehículos a Gas Natural⁹

Los vehículos de gas natural indican que este combustible (de transporte alternativo y de muchos otros usos) tiene una combustión mucho más limpia, ofrece una oportunidad para satisfacer estos estrictos estándares ambientales sobre emisiones. El gas natural es también una alternativa mucho más económica que la gasolina y a otros combustibles de transporte, como el diesel. Igualmente, sus costos de mantenimiento son más bajos que los de vehículos tradicionales de gasolina y diesel. En el caso de este tipo de tecnología se toma en cuenta el importar gas natural desde Colombia, con lo que se toma en cuenta el costo de transporte, impuestos únicos a los combustibles (35%) al igual que los derivados del petróleo, el margen de comercialización de las estaciones de servicio (8%) y un margen de utilidad del importador que se estimó en un 30%. **Con lo que se estima un precio promedio de ₡319 el litro puesto al consumidor final, el cual si se compara al precio de los combustibles fósiles llega a ser hasta un 50% menor, garantizando un período de recuperación de la inversión cada vez más corto. El rendimiento de este tipo de motor también es mucho más eficiente, para efectos de análisis se toma como un rendimiento promedio de 12Km/m3.**

Tabla 15. Generalidades de vehículos con tecnología amigable con el ambiente

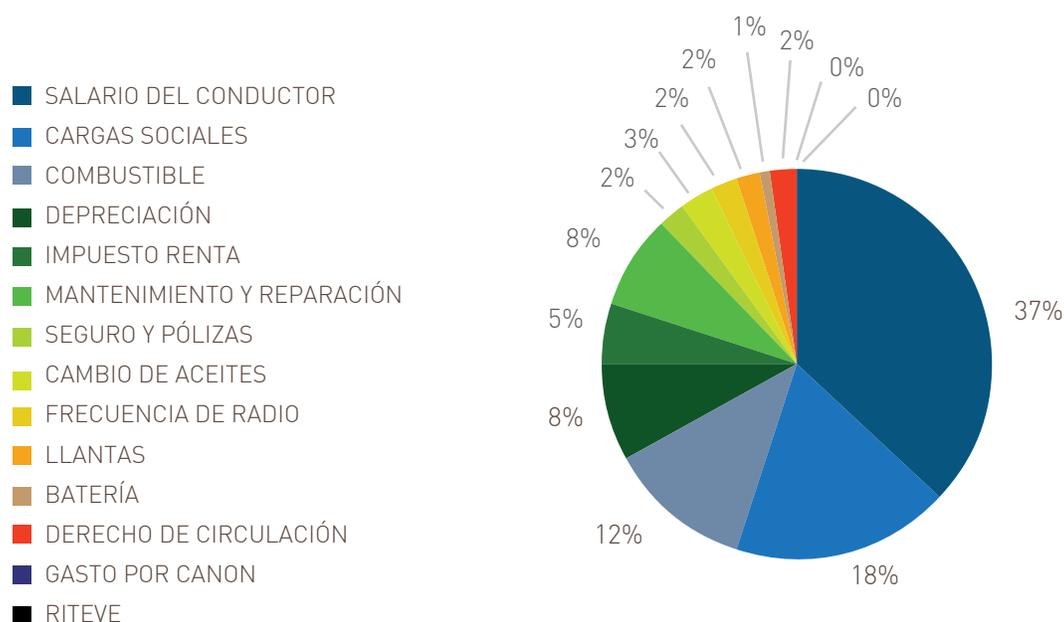
Marca	Híbrido (Toyota Prius)	Híbrido (gasolina-gas natural)	LPG Hyundai	Eléctrico Mitsubishi iMiev	Gas natural Honda Civic
Cilindrada	1798 cc			-	
Año	2012	2012	2012	2012	2012
Combustible	50%-50% gasolina-electricidad	50%-50%	LPG	Electricidad	Gas natural
Localización	GAM	GAM	GAM	GAM	GAM
Uso	Urbano/Rural	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano

Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

9. Dobles Roberto, 2010. El Gas Natural como Combustible para el Sector Transporte. San José Costa Rica.

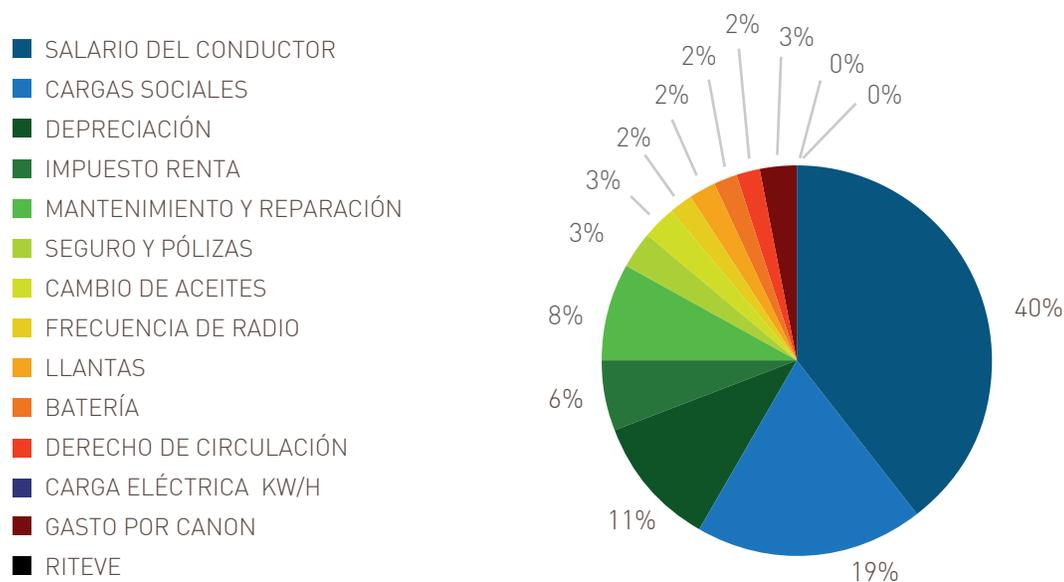
4.6 ESTRUCTURA DE COSTOS PARA VEHÍCULOS DE TECNOLOGÍA AMIGABLE CON EL AMBIENTE

Gráfico 13. Porcentaje estructura de costos: taxi híbrido (gasolina-eléctrico), marzo 2012



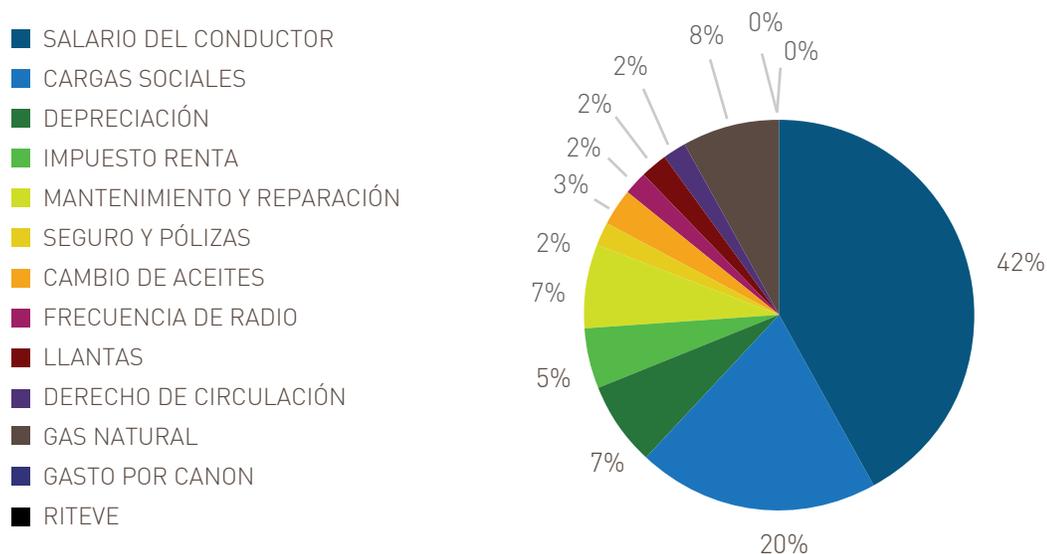
Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

Gráfico 14. Porcentaje estructura de costos: taxi eléctrico, marzo 2012



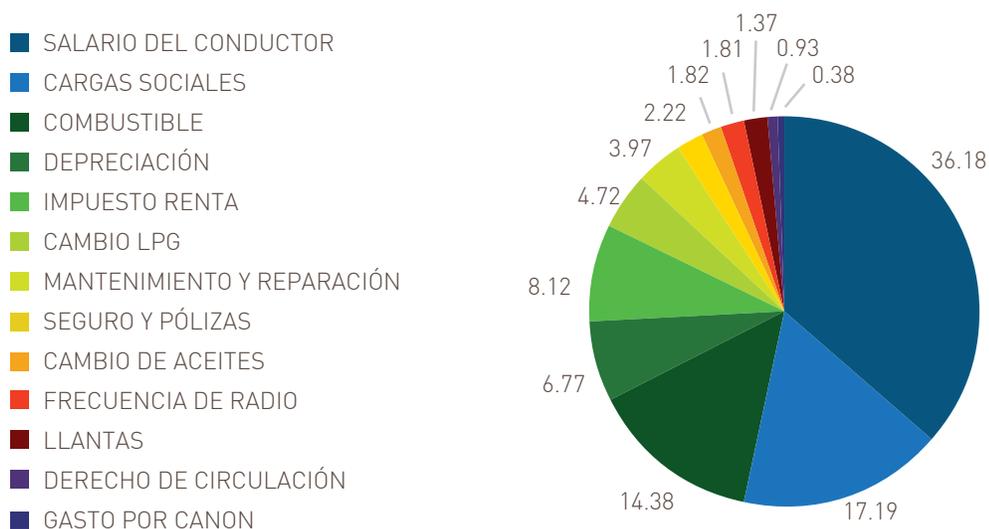
Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

Gráfico 15. Porcentaje estructura de costos taxi gas natural, marzo 2012



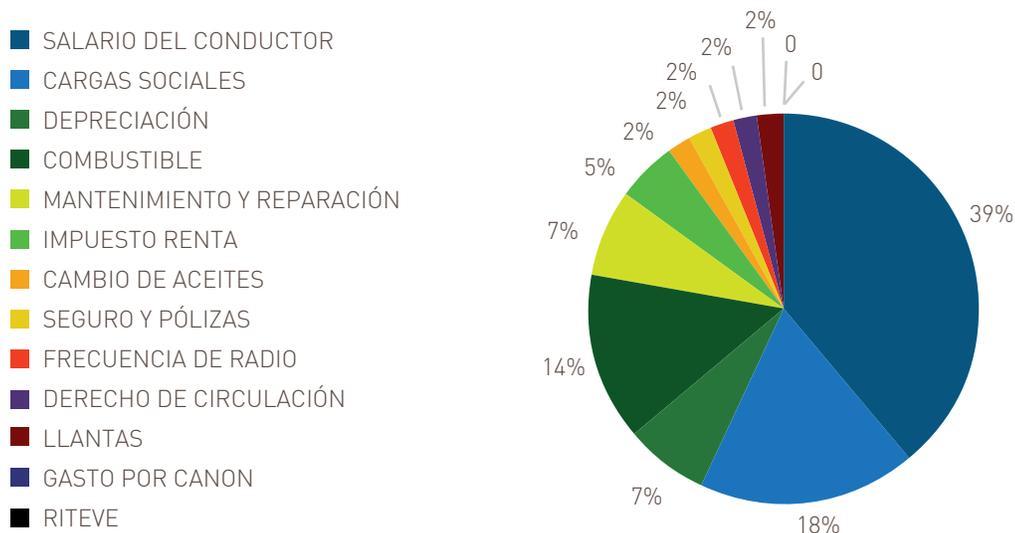
Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

Gráfico 16. Porcentaje estructura de costos taxi LPG, marzo 2012



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

Gráfico 17. Porcentaje estructura de costos taxi híbrido gasolina-gas natural, marzo 2012



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Hacienda

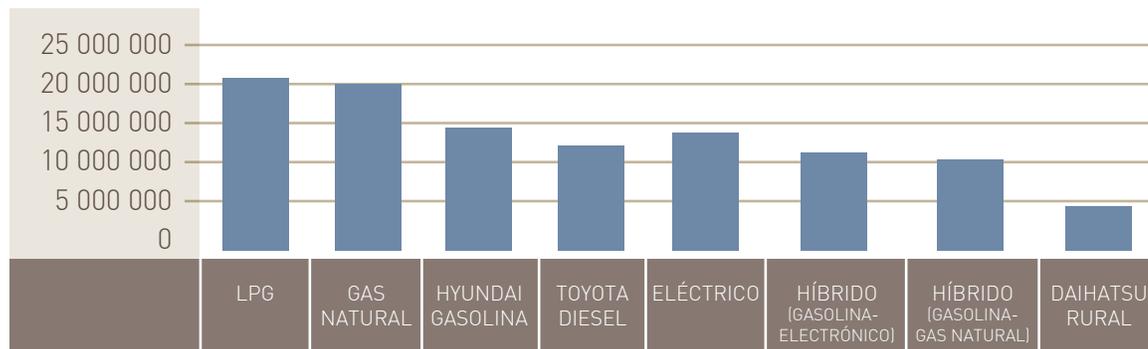
Dado que el modelo de costos es esencialmente el mismo en todos los componentes, con la única diferencia de que estamos ante combustibles distintos con eficiencias diferentes, asociados a proyectos de inversión de dimensiones distintas. El resultado de diferencial de costos se atribuye esencialmente a la eficiencia del vehículo. Los demás elementos de comparación son iguales.

4.7 ANÁLISIS COMPARATIVO FINANCIERO DE LOS MODELOS CON CAMBIO TECNOLÓGICO

A partir del análisis de costo beneficio realizado hemos llegado a concluir que:

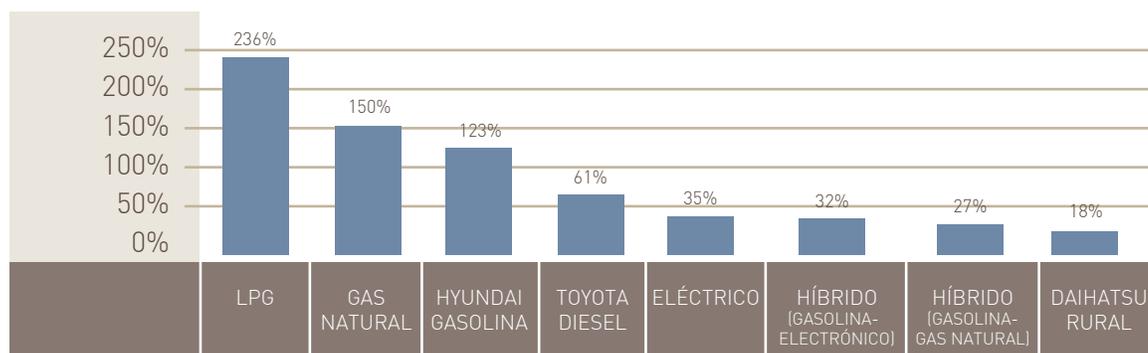
- Todos los modelos de vehículos incorporados en el análisis muestran Valores Actuales Netos positivos y Tasas de Retorno positivas para un ciclo de vida de 6 años de renovación del vehículo.
- Encontramos modelos de costos sombra que podrían inclusive reflejar oportunidades de inversión mayores a las que representa el caso típico del sector, es decir, si existiese cambio hacia LPG o gas natural, las inversiones en reconversión de la flota reflejan mejores indicadores económicos que el mejor modelo disponible, Hyundai a gasolina.
- Los datos reflejan que las tecnologías híbridas y eléctricas son rentables con tasas de retorno razonables para conseguir financiamiento bancario. Pareciera que entonces el factor de costo tiene más que ver con la equiparación de las tasas de retorno, asociado lo anterior con el balance de la cargas tributaria de los vehículos; por supuesto que al lado de una serie de medidas NAMAs en los ámbitos técnico y cultural.

Gráfico 18. Costa Rica. Resultados VAN para distintas tecnologías en vehículos, marzo 2012 colones

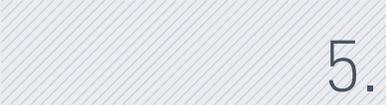


Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda

Gráfico 19. Costa Rica. Resultados TIR para distintas tecnologías en vehículos, marzo 2012



Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012, INS, CCSS, Ministerio de Hacienda



5. CURVA DE COSTO DE ABATIMIENTO PARA EL SECTOR DE TAXIS

Como herramienta fundamental para sentar las bases de la discusión sobre las acciones más efectivas, en términos de la reducción de emisiones de dióxido de carbono que generarían y el costo de implementarlas en uno de los sectores responsables de los niveles de contaminación de Costa Rica, **la curva de abatimiento brinda una idea de los costos o beneficios adicionales que resultan de reemplazar los vehículos utilizados actualmente en la prestación del servicio de taxi por otras alternativas bajas en emisiones.** En ese sentido, a continuación se describirán los aspectos fundamentales del proceso de elaboración de ésta y los posteriores resultados obtenidos.

El punto de partida metodológico es que **las alternativas tecnológicas implicadas en la preparación de la curva fueron los vehículos eléctricos, los impulsados por gas natural y LPG y los híbridos (gasolina-eléctrico y gasolina-gas natural);** mientras que el vehículo representativo de la situación actual fue determinado de acuerdo con los resultados arrojados por la encuesta realizada a la muestra concesionarios de placas de taxi en el país.

5.1 SUPUESTOS UTILIZADOS

Una vez elegidas las distintas tecnologías evaluadas en el estudio y previo a la transformación cuantitativa de la información, las suposiciones tomadas en consideración para elaborar la curva de abatimiento se dividieron en dos partes: las generales y las específicas de cada tecnología.

En ese sentido, los supuestos establecidos a nivel general son:

- No existe competencia entre el sector de taxis y autobuses; por lo que las consumidores del servicio sólo utilizan el taxi como medio de transporte.
- Los factores de emisión de la gasolina y el LPG utilizados fueron los propuestos por el Instituto Meteorológico Nacional; mientras que el del gas natural se tomó de *Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data)* y el de la electricidad se asumió que es nulo considerando una carga nocturna con energías renovables en el país.
- El promedio de días que circula un taxi es de 6,5 días a la semana, de acuerdo con los resultados obtenidos por la encuesta a concesionarios de placa de taxi.
- La ocupación promedio por taxi es de 1,3 pasajeros (DSE, 2004).
- La tasa de crecimiento de la economía es de un 4,09%.
- El recorrido del vehículo representativo y las distintas tecnologías es el promedio de kilómetros viajados por región y los resultados se extrajeron de la encuesta a concesionarios de placa de taxi.
- **El costo de abatimiento fue calculado con base en los valores actuales netos obtenidos en el modelo financiero de cada tecnología.**
- El gasto promedio en combustible del vehículo representativo es el indicado por los resultados de la encuesta a los concesionarios de placa de taxi.

Los supuestos considerados a nivel particular por cada alternativa tecnológica son:

1. Vehículo híbrido gasolina-eléctrico:

- El funcionamiento del vehículo es de un 50% a gasolina y un 50% a electricidad.
- El precio promedio de la gasolina es de ₡600 por litro.

2. Vehículo a gas natural:

- El gasto en combustible diario es de ₡3 336.
- El costo del litro de gas natural es de ₡319.
- El rendimiento del vehículo es de 12Km/m³ ¹⁰.

3. Vehículo eléctrico:

- Se asume que las emisiones de CO₂ producidas por el vehículo son nulas, dado que se supone una carga nocturna que en Costa Rica es esencialmente con energía renovable.
- El costo de la carga diaria es de ₡1 140.
- El rendimiento del vehículo es de 160Km por carga al 100%.

4. Vehículo a LPG:

- El precio del litro de LPG es de ₡270 284.
- El rendimiento promedio del vehículo es de 8Km/L¹¹.

5. Vehículo híbrido gasolina-gas natural:

- El funcionamiento del vehículo es de un 50% a gasolina y un 50% a gas natural.
- El precio promedio del litro de gasolina es de ₡600.
- El costo del litro de gas natural es de ₡319.

10. Rendimiento proporcionado por el IMN.

11. Información tomada del informe presentando por autoGASCO. "Gas vehicular en Chile, oportunidad real de crecimiento". Chile.

5.2 CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR TECNOLOGÍA

Habiendo aclarado lo anterior, se proceden a calcular las emisiones de dióxido de carbono anuales de cada tecnología a través de la fórmula:

$$E_{CO_2 T} = (GC_{ij}/CC_{ji}) * FE_i$$

Donde:

$E_{CO_2 T}$ = Emisiones totales anuales de CO₂ taxis.

GC_{ji} = Gasto promedio en Combustible por modelo de taxi "j" y combustible "i" por unidad de tiempo (año).

CC_{ji} = Costo promedio del combustible por vehículo "j" según tipo de combustible "i".

FE_i = Factores de emisión para el combustible "i".

En lo referente a los componentes del cálculo de las emisiones, se destaca que los factores de emisión sugeridos por el Instituto Meteorológico Nacional para cada combustible son:

Tabla 16. Factores de emisión utilizados

Combustible	Factor de emisión	Factor de emisión
	Kg/litro	g/litro
Gasolina	2,260	-
LPG	1,61	-
Gas natural	-	1,92
Electricidad	0	-

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data)

Nota: tal y como se mencionó en el apartado de supuestos, se supuso un factor de emisión igual a cero para la electricidad.

Por su parte, los litros de combustible consumidos anualmente por la tecnología actual se obtuvieron de la división del gasto promedio en combustible (indicado por los resultados de la encuesta) y el precio de la gasolina en el país; mientras que los litros consumidos por las tecnologías resultaron de la división de los kilómetros promedio recorridos en cada región (ver tabla 17) por los kilómetros que es capaz de recorrer cada una de ellas con un litro o carga. Los litros anuales o cargas consumidos en cada región aparecen en la tabla 18.

Tabla 17. Costa Rica. Número de kilómetros promedio recorridos anualmente por el vehículo representativo y las distintas tecnologías en cada región

Kilómetros promedio recorridos anualmente	San José GAM	Heredia, Cartago y Alajuela	Resto del país
	58 713	59 436	53 493

Fuente: Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Tabla 18. Costa Rica. Número de litros consumidos anualmente por las tecnologías en cada región

Tecnología	Litros consumidos en San José GAM	Litros consumidos en Heredia, Cartago y Alajuela	Litros consumidos en Resto del País
Híbrido gasolina-eléctrico	3 548 (gasolina) 183 (cargas electricidad)	3 604 (gasolina) 186 (cargas electricidad)	3 237 (gasolina) 167 (cargas electricidad)
LPG	7 339	7 430	6 687
Gas natural*	4 892 767	4 953 000	4 457 743
Eléctrico	367	371	334
Híbrido gasolina-gas natural	3 548 (gasolina) 2 446 383 (gas natural)	3 604 (gasolina) 2 476 500 (gas natural)	3 237 (gasolina) 2 228 872 (gas natural)

* El gas natural presenta un consumo de millones de litros debido a que se está tomando como referencia un rendimiento de 12 kilómetros por metro cúbico equivalentes.

Fuente: RECOPE, Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Considerando lo anterior, en los resultados obtenidos para las emisiones de CO₂ se encontró que el segundo vehículo alternativo que produciría menos toneladas de CO₂ en cada región, después del eléctrico, es el impulsado por el híbrido gasolina-eléctrico. Dicho vehículo alcanzaría a emitir únicamente 8,02 toneladas de dióxido de carbono en la región de San José GAM para el 2012. (ver tabla 19).

Tabla 19. Costa Rica. Emisiones de CO₂ producidas por cada tecnología por taxi (tCO₂) en el año 2012

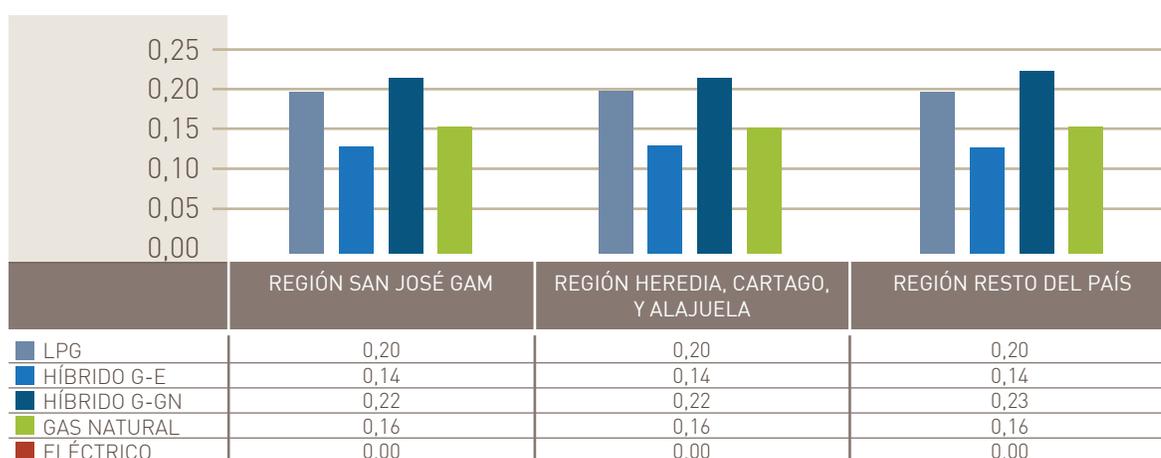
	San José GAM	Heredia, Cartago y Alajuela	Resto del país
Vehículo representativo (Hyundai)	16,04	16,29	14,63
Híbrido G-E	8,02	8,15	7,32
Híbrido G-GN	12,72	12,90	12,07
LPG	11,82	11,96	10,77
Gas natural	9,39	9,51	8,56
Eléctrico	0	0	0

Fuente: IMN2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data)

En contraposición, los vehículos que más emisiones producirían serían el de LPG y el híbrido gasolina-gas natural; siendo este último el que produce más emisiones dado que funciona 50% a gasolina y 50% a gas natural.

Posteriormente, **se calcularon las emisiones por kilómetro recorrido a través de la división de las emisiones anuales generadas por cada alternativa entre los kilómetros recorridos por año indicados en la tabla 16.** Los resultados obtenidos registraron que con el vehículo eléctrico las emisiones serían nulas; mientras que el segundo vehículo con que se emitiría menos por kilómetro es con el híbrido gasolina-eléctrico, el cual mostró un promedio de 0,14 kilogramos de dióxido de carbono por kilómetro por taxi en cada una de las regiones tomadas en consideración. (ver gráfico 20).

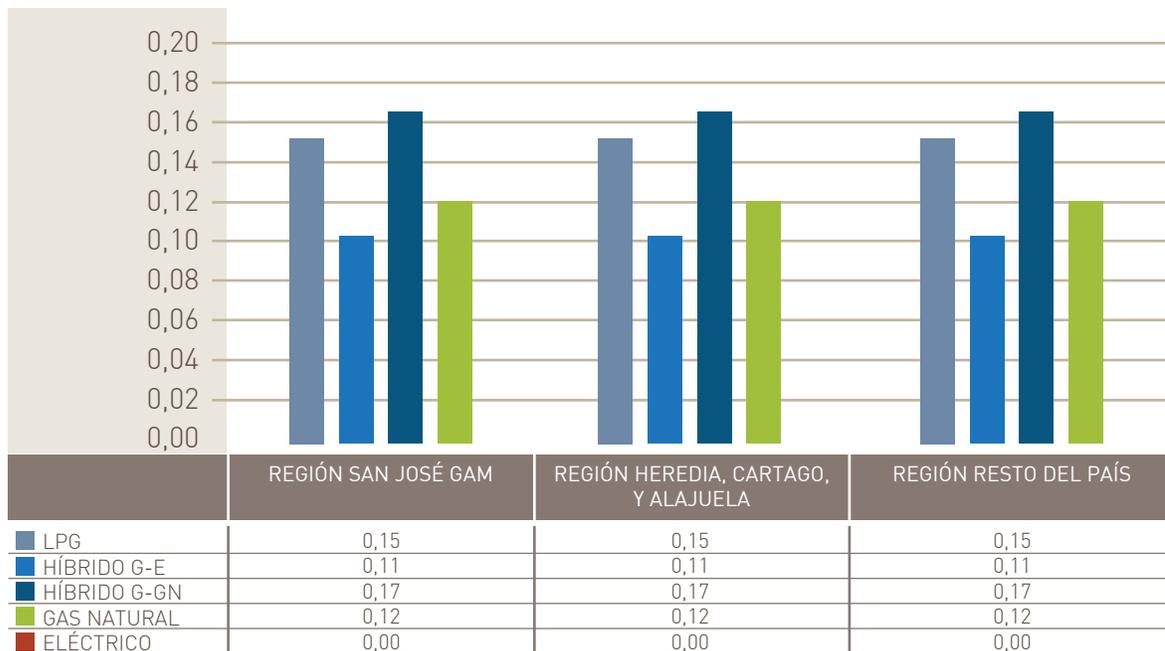
Gráfico 20. Promedio de emisiones de dióxido de carbono por kilómetro recorrido por taxi para cada tecnología alternativa en el año 2012, en el país



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Además, como resultado de la división de las emisiones promedio de CO₂ por kilómetro entre 1,3 pasajeros de un taxi, se calcularon las emisiones de CO₂ por pasajero y kilómetro para cada alternativa evaluada y con ello se obtuvo que la tecnología que más emisiones registra es la híbrida gasolina-gas natural con aproximadamente 0,17 gCO₂/pKm por taxi en todas las regiones; entre tanto el vehículo eléctrico culminó dominando los niveles más bajos con cero emisiones (ver gráfico 21).

Gráfico 21. Emisiones de CO₂ por pasajero y kilómetro por taxi para cada tecnología en el año 2012, en el país

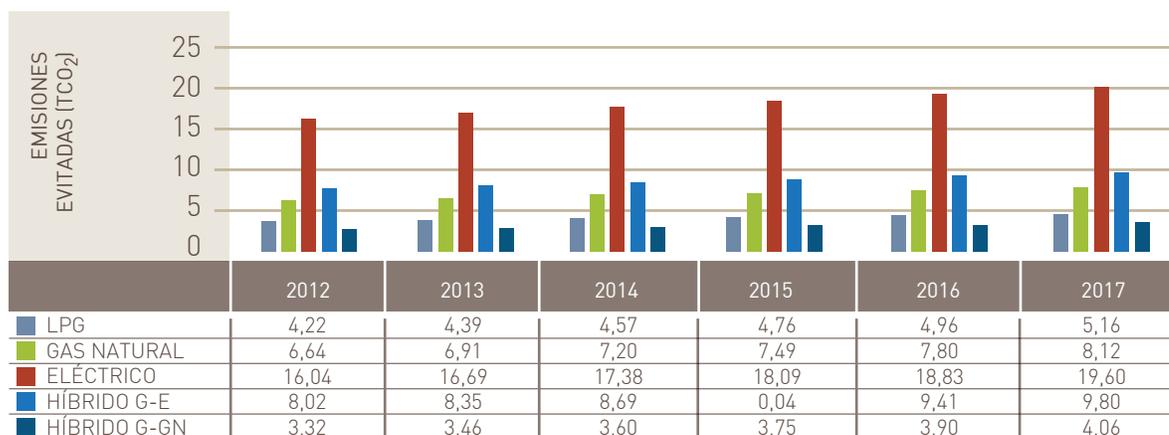


Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

5.3 RESULTADOS: CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO POR TAXI

El primer paso para cuantificar **la curva de abatimiento es el cálculo de las emisiones evitadas por tecnología y estas se obtuvieron de la diferencia de las emisiones que resultaron en la línea base para el vehículo representativo y las emisiones generadas por cada alternativa estudiada.**

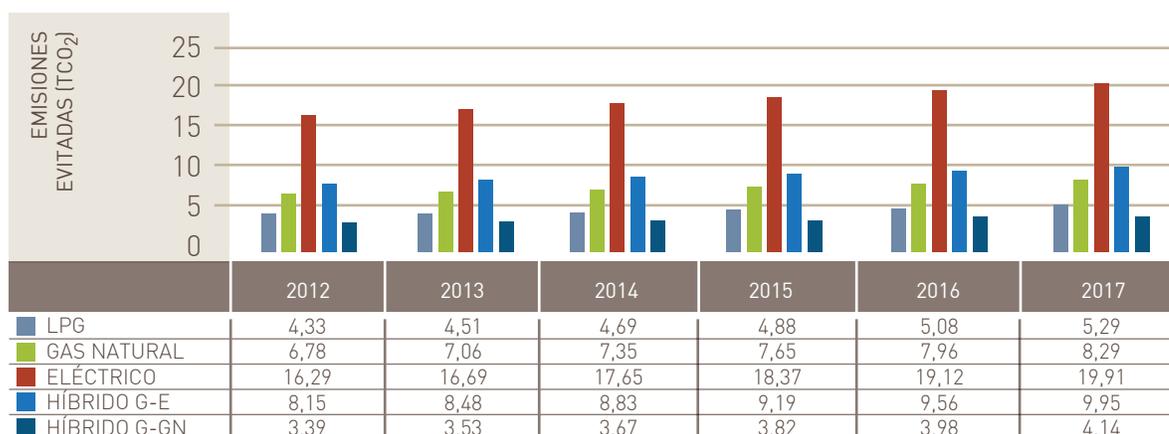
Gráfico 22. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por taxi para cada año según tecnología, región de San José GAM. Período 2012-2017



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Para la región de San José GAM se obtuvo que las tecnologías que contribuirían en mayor cuantía a la reducción de emisiones de la zona serían la eléctrica, la híbrida gasolina-eléctrica y la de gas natural; mientras que las que resultarían menos efectivas para el período 2012-2017 serían la impulsada por LPG y la híbrida gasolina-gas natural. (ver gráfico 22).

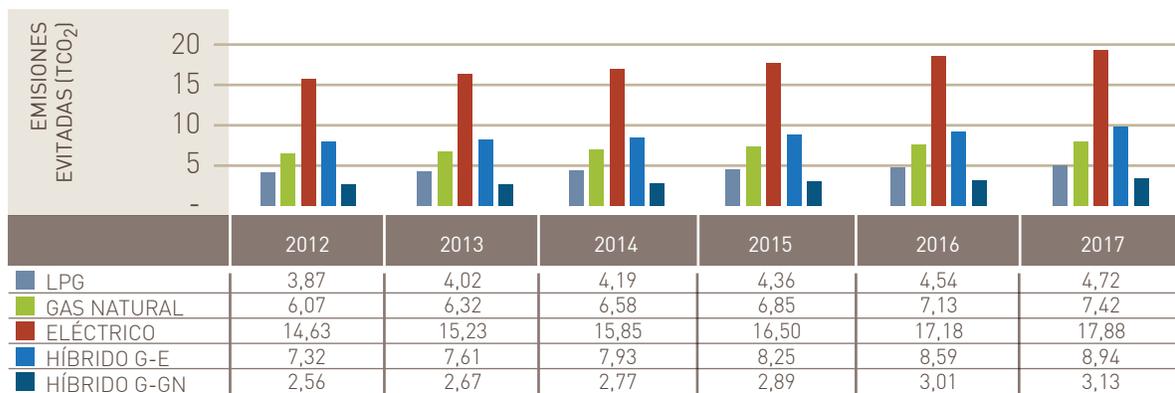
Gráfico 23. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por taxi para cada año según tecnología, regiones de Heredia, Cartago y Alajuela. Período 2012-2017



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Por su parte, sin mucha diferencia significativa respecto a lo observado en la región San José GAM, en las regiones de Heredia, Cartago y Alajuela las alternativas tecnológicas que más evitarían emisiones serían la eléctrica y la híbrida gasolina-eléctrica; entre tanto la de LPG y la híbrida gasolina-gas natural continúan siendo las menos efectivas en términos del objetivo que se pretende. (ver gráfico 23).

Gráfico 24. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por taxi para cada año según tecnología, resto del país. Período 2012-2017



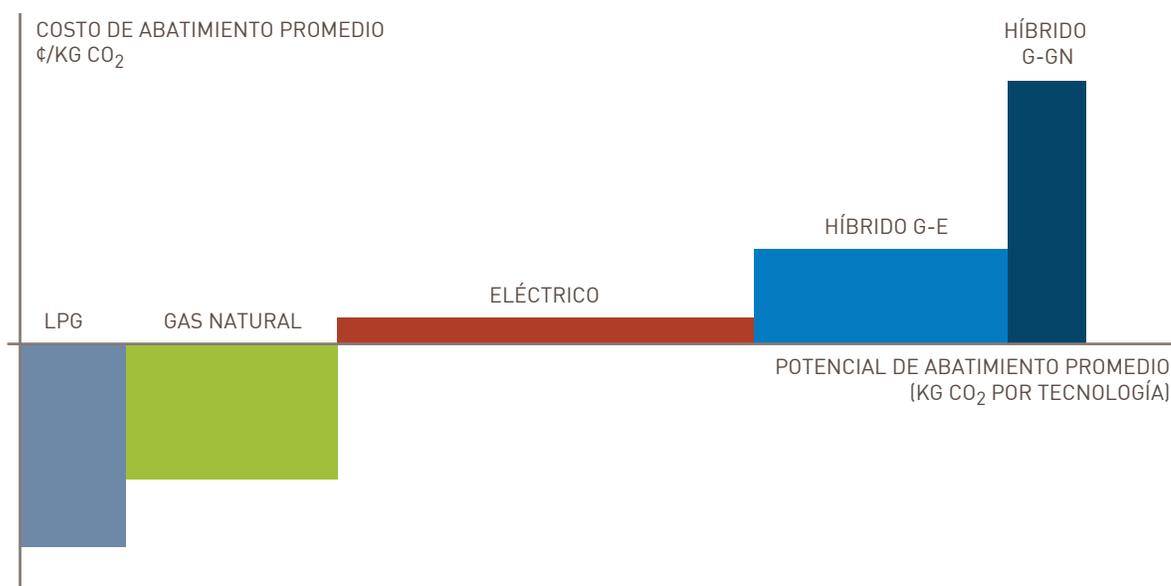
Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

El comportamiento resultante para el resto del país no dista mucho de lo comentado con anterioridad, puesto que las alternativas más atractivas serían la eléctrica y la híbrida gasolina-eléctrica. A su vez, las tecnologías de LPG e híbrida gasolina-gas natural se mantienen rezagadas a lo largo de todo el período. (ver gráfico 24).

El segundo paso es el cálculo del costo promedio anual de abatimiento para cada tecnología y dicho costo se calculó a partir de la diferencia entre el valor actual neto promedio registrado en el modelo financiero del vehículo representativo y el valor actual neto promedio obtenido en el modelo financiero de cada alternativa tecnológica. Luego de determinar la diferencia entre VAN¹², se dividió cada diferencia entre las emisiones promedio evitadas de CO₂ por parte de cada tecnología.

12. Información tomada del estudio energético desarrollado por Watts, D y Charlín, D (2010). "Influencia del impacto de la eficiencia en la energía eléctrica (EEE) en el desarrollo de inversiones de generación en Chile". DIPEL's Congreso de Estudiantes de Postgrado UC.

Gráfico 25. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para la región San José GAM



TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (KG CO ₂)	COSTO DE ABATIMIENTO PROMEDIO (¢/KG CO ₂)	COSTO DE ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
LPG	4 677,24	(¢190,93)	(\$391,95)
GAS NATURAL	7 360,73	(¢133,12)	(\$266,25)
ELÉCTRICO	17 769,40	¢16,32	\$32,65
HÍBRIDO G-E	8 884,70	¢72,18	\$144,36
HÍBRIDO G-GN	3 680,36	¢229,16	\$459,32

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

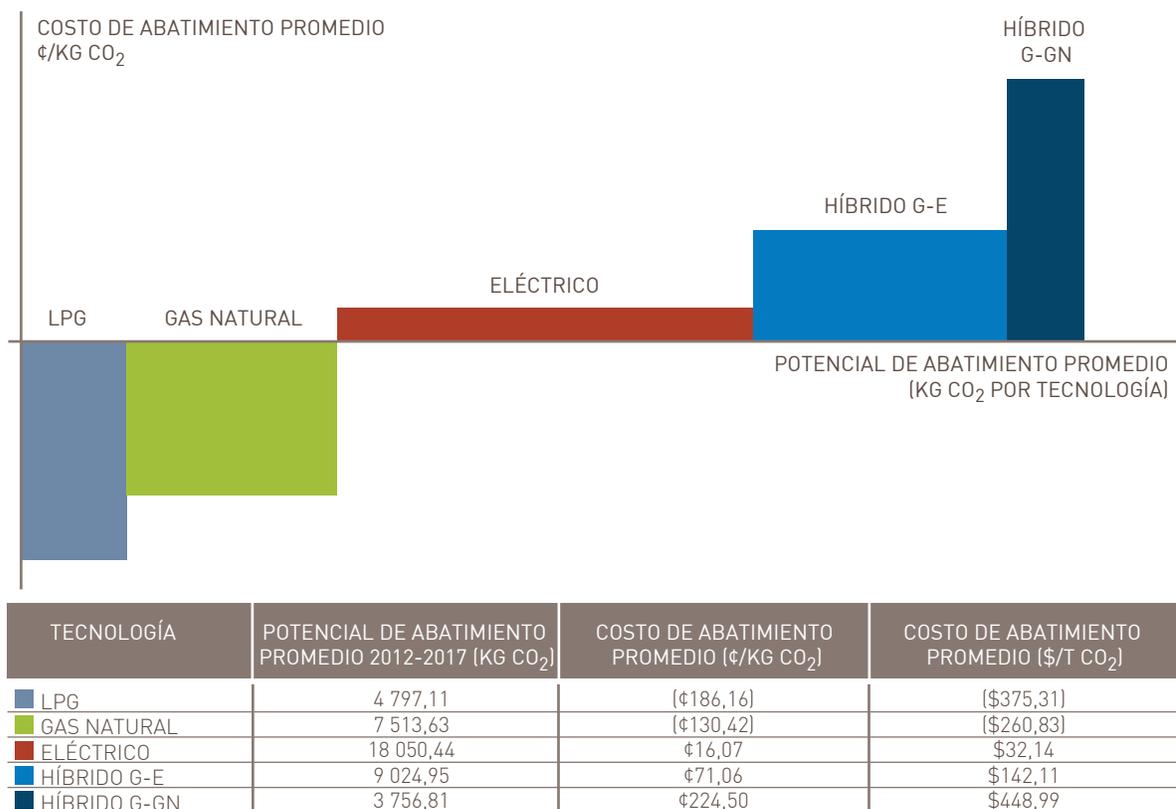
En los resultados de la región San José GAM se encontró que la tecnología más atractiva, en caso de ser implementada, sería la de gas natural. Ello se debe a que registra un costo promedio de reducir un kilogramo de CO₂ negativo (dado que su costo no sobrepasa la inversión equivalente que está realizando el concesionario actualmente) y, además, alcanza a evitar un monto de Kg CO₂ levemente menor al del híbrido gasolina-eléctrico (segundo mayor contribuyente a la reducción de emisiones después del eléctrico); pero a un costo mucho más bajo. Con la implementación del gas natural, un taxi alcanzaría a evitar el 41% del promedio de emisiones que está provocando el uso de la tecnología actual para prestar el servicio (ver gráfico 25). Este resultado nos indica entonces que se podría evitar un porcentaje muy alto de la contaminación si se traslada la flotilla a LPG, pero claramente no se agotaría la totalidad de las emisiones.

Mientras tanto, un taxi de tecnología eléctrica contribuiría a la reducción del 100% de las emisiones promedio de la tecnología actual; pero su costo sobrepasa la inversión actual equivalente, de tal modo que sería necesario invertir un promedio de ¢16 por cada kilogramo de dióxido de carbono evitado.

Por otro lado, el gráfico 26 muestra que en las regiones de Heredia, Cartago y Alajuela los números cambian aunque no el orden en que se ubica la efectividad de las tecnologías. **La alternativa más atractiva continuó siendo la de gas natural con un costo promedio de reducción de un kilogramo de dióxido de carbono mayor al obtenido para la región San José GAM y con un monto promedio mayor de emisiones evitadas (7 513,63 kilogramos de CO₂) si se compara con esa misma región.**

Cabe destacar que en lo que a las tecnologías híbridas respecta, la tecnología híbrida gasolina-eléctrico alcanza a evitar un monto promedio mayor de emisiones respecto a la híbrida gasolina-gas natural, con un costo de abatimiento promedio menor.

Gráfico 26. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para las regiones de Heredia, Cartago y Alajuela

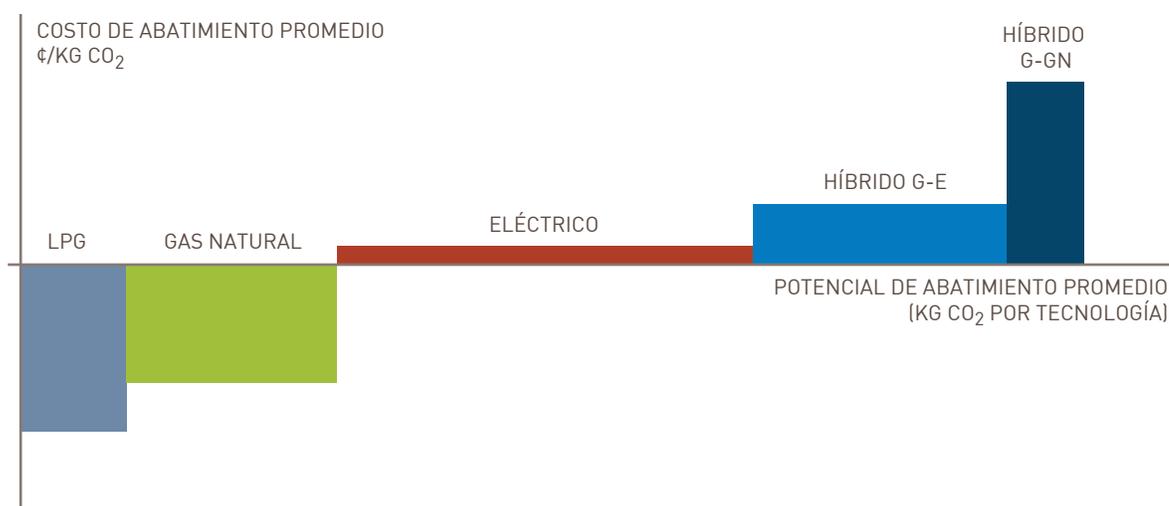


Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Finalmente, en el resto del país, el gas natural se consolida como la mejor alternativa, dado que presenta un costo de abatimiento negativo (la inversión en esta tecnología no sobrepasaría la inversión equivalente del concesionario) y alcanza un impacto mayor en términos de reducción de emisiones que el que causan otras tecnologías como la híbrida gasolina-eléctrica, para la cual se debe incurrir en una inversión mayor a la que se está realizando con la tecnología actual y su potencial de abatimiento es sólo un 8% mayor al logrado por el gas natural.

Por su parte, las tecnologías híbridas terminaron siendo las más caras. Esta situación se observa en el gráfico 27, en el que los híbridos eléctricos y de gas natural presentaron costos de abatimiento promedio positivos por 79,12 y 297,29 colones respectivamente.

Gráfico 27. Costa Rica. Curva de Costos de abatimiento promedio por taxi en colones, para el resto del país



TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (KG CO ₂)	COSTO DE ABATIMIENTO PROMEDIO (¢/KG CO ₂)	COSTO DE ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
LPG	4 282,63	¢208,52	[\$417,04]
GAS NATURAL	6 727,54	(¢145,65)	[\$291,31]
ELÉCTRICO	16 210,76	¢17,89	\$35,79
HÍBRIDO G-E	8 105,38	¢79,12	\$158,24
HÍBRIDO G-GN	2 836,97	¢297,29	\$594,57

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Encuesta aplicada a concesionarios de taxi, CINPE-2012

Es importante mencionar que en la sección de anexos se encuentran las tablas que dan soporte a la construcción de la curva de abatimiento. En dicha tabla se resumen los kilogramos de dióxido de carbono provocados por la tecnología representativa y las alternativas. Además se explicita el potencial de abatimiento correspondiente a cada tecnología amigable con el ambiente y su respectivo costo de abatimiento.

En los anexos (19, 20 y 21) también se hace referencia a un escenario con los datos referentes a un concesionario que labora por 12 horas al día los siete días de la semana, dado que muchos de los concesionarios encuestados indicaron que ese era su número de horas de trabajo.

5.4 POSIBLES MEDIDAS NAMAS PARA IMPLEMENTAR EN EL SECTOR

Aunque subsisten diversas interpretaciones y lecturas sobre la definición y la propia noción de “NAMAs”, de modo general se entiende que éstas serían acciones propuestas por los países en desarrollo que reducen las emisiones de gases de efecto invernadero por debajo del nivel que resultaría de seguir haciendo las cosas como hasta ahora (es decir, seguir una trayectoria business as usual - BAU por sus siglas en inglés).

Las NAMAs pueden abarcar tanto los esfuerzos para construir capacidades para reducir emisiones como las propias medidas para reducirlas y pueden adoptar la forma de políticas y medidas, regulaciones, estándares, programas e incluso de incentivos financieros.

Las NAMAs, asimismo, podrían incluir uno o más sectores y también sería posible desarrollar más de una NAMA en un solo sector.

Debido a su alcance, amplitud y flexibilidad, las NAMAs pueden convertirse en un puente entre los países desarrollados y en desarrollo para facilitar la mitigación, pues se entiende que están en línea con el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas establecido en la Convención. poner nota a pie al final, diciendo que la fuente de esto es “Sitio de Finanzas de Carbono www.finanzascarbono.org”

Con los resultados del estudio hecho queda claro que existe un costo incremental, positivo en este caso, para poder convertir un vehículo de servicio público de las tecnologías carbono-intensivas a las tecnologías carbono neutro o de menor intensidad de uso de su huella de carbono.

De igual forma **las barreras para la implementación de nuevas tecnologías en el campo del transporte público abarcan una gama de factores y no solamente el factor económico de la compra, mantenimiento y reparación y el proceso de salida del vehículo de circulación.**

A partir de la encuesta realizada podemos concluir que **existen condiciones previas favorables para mitigación de emisiones GEI, sobre todo en términos de actitud de poder cambiar de tecnología y disponibilidad a escuchar opciones.**

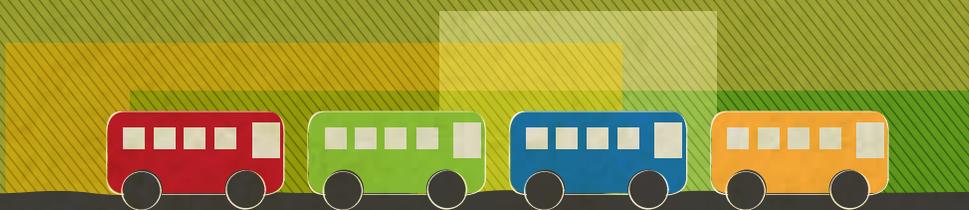
Todas las opciones tecnológicas muestran en términos del análisis costo-beneficio muestran factibilidad económica per sé, por lo que el programa tiene una altísima viabilidad en conversión de tecnología sin sustantivos subsidios públicos. Si bien es cierto y bajo la racionalidad de cualquier agente económico, la definición de la alternativa de inversión es por aquella que le da mayor beneficio económico, en este caso, para las existentes el vehículo Hyundai es la versión más deseable económicamente en estas circunstancias.

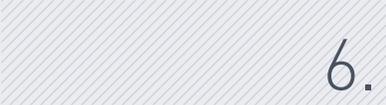
Considerado lo estudiado y las opciones país, las medidas NAMAs pueden detectarse en distintos ámbitos como:

- Medidas tendientes a modificar la disponibilidad de cambio de tecnología. Son esencialmente aquellas que garantizan un espacio tecnológico, ya sea en el ámbito técnico, económico o social, para la introducción de alternativas tecnológicas nuevas.
- Medidas tendientes a transformar la flota existente en chatarra. Es fundamental que cualquier cambio en positivo en la selección tecnológica hacia la renovación de una placa de taxi, no implique reintroducir el taxi viejo en circulación y crear un problema de segunda mano. Se debe tener una clara regla de reciclaje de autos y su conversión a chatarra.
- Medidas tendientes a modificar temporalmente la rentabilidad de las opciones tecnológicas de baja intensidad de la huella de carbono. Estas medidas deben de privilegiar el transporte limpio y pueden ser en ámbito de territorios, tal como lo sería aprovechar el tema de las cuasi-rentas, como lo sería el crear incentivos crediticos o tributarios para mejorar la competitividad de mercado de los nuevos vehículos y tecnologías.
- Medidas que permitan complementar las tecnologías en materia de talleres y repuestos. Es fundamental crear credibilidad a los futuros concesionarios sobre la capacidad técnica de atender sus demandas de nuevos bienes y servicios asociados a las nuevas tecnologías.
- Medidas que favorezcan el espacio a nuevos combustibles alternativos más eficientes. Es vital crear las opciones en el mercado de gasolineras y de espacios disponibles para la comercialización de las opciones de combustible alternativo.

Es necesario estudiar las alternativas institucionales y las condiciones para la implementación de estas u otras medidas NAMAs en el país, lo que requiere de un análisis concreto de los actores y de las formas de participación en cada una de estas posibles medidas y/o actividades.

Sector Buses





6. ESTIMACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE AUTOBUSES

6.1 METODOLOGÍA

La definición de la línea base requiere de la estimación de las emisiones de CO₂ anuales para los diferentes medios de transporte. Dado que la tecnología vehicular, el tipo de combustible utilizado, el recorrido, el rendimiento y la vida útil difiere del medio que se trate, se establece a continuación el método a seguir para la estimación de las respectivas emisiones. Cabe mencionar que la disponibilidad de información es fundamental para la estimación de una línea base, además pueden emplearse diferentes métodos para la estimación de emisiones del sector transporte, la elección definitiva de un método dependerá de contar con la información adecuada para su cálculo. Así mismo, se tomará como referencia el bus promedio o más común para efectos de generalizar los resultados a toda la flota.

Particularmente, en el caso de la estimación de las emisiones CO₂ provenientes del transporte público, particularmente autobuses, es necesario determinar el consumo de combustibles por unidad de tiempo. Para los cálculos se ha considerado la información proporcionada y estimada por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), de acuerdo a solicitud del proyecto, tal información corresponde a una selección al azar para distintos tipos de ruta en diferentes regiones del país. Las Rutas han sido agrupadas en 4 categorías: urbana, interurbana corta, interurbana, media e interurbana larga; asimismo, se clasificó la información para diferentes regiones del país que incluyen desde la región central, es decir, las áreas metropolitanas de Heredia, Alajuela, San José y Cartago, además de las regiones Atlántica, Norte y Pacífico (norte, central y sur).

La información procesada por ARESEP incluye datos referentes al número promedio de kilómetros recorridos al mes por ruta y autobús, número de unidades promedio por tipo de ruta, volumen de pasajeros promedio al mes y edad de la flota. **En este sentido el consumo anual de combustible se realiza considerando el número de kilómetros promedios recorridos, el precio del combustible y el rendimiento promedio.** Para calcular las emisiones de CO₂ se multiplica el consumo de combustible por tipo, por sus respectivos factores de emisión, de acuerdo a los Factores de Emisión nacionales estimados y recomendados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), para ser empleados en las estimaciones nacionales de gases efecto invernadero. Estos coeficientes al estar adaptados al contexto Costarricense difieren ligeramente de los proporcionados por el IPCC.

Las emisiones totales de CO₂ están dadas por la siguiente ecuación:

$$E_{CO_2} B = (GC_{ij}/CC_{ji}) * FE_i$$

Donde:

$E_{CO_2} T$ = Emisiones totales anuales de CO₂ para autobuses por tipo de ruta.

GC_{ji} = Gasto promedio en combustible por modelo de autobús "j" y combustible "i" por año.

CC_{ji} = costo del combustible por autobús "j" según tipo de combustible "i".

FE_i = Factores de emisión para el combustible "i"

Posteriormente, para el establecimiento de las estimaciones al 2021 se deben tener en cuenta para efectos de proyección los siguientes elementos:

- Distribución de la flota de autobuses por región o rutas.
- Renovación/licitaciones futuras para la flota de autobuses a partir del 2012.
- Identificación de variables "proxy" que permitan determinar el incremento en el consumo de combustible para los vehículos en consideración.

6.2 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA

La estimación y cálculo de una línea base de emisiones para el sector transporte, particularmente buses, requiere de la disponibilidad de información sobre la composición y característica del sector, rendimiento, consumo de combustible, entre otros. A la fecha la única encuesta disponible del sector transporte, es la realizada en el año 2004 a cargo de la Dirección Sectorial de Energía (DSE) de donde se han tomado los datos sobre rendimiento del combustible por kilómetro recorrido, sin embargo, la información disponible no es suficiente para el cálculo o la estimación de emisiones para el sector de autobuses, además de lo desactualizada que resulta para efectos del estudio. Adicionalmente, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el INCAE han realizado en los últimos años estimaciones sobre el volumen de emisiones del sector transporte, presentando los mismos resultados a nivel agregado y sus datos no posibilitan la desagregación para los sectores de interés en la presente investigación.

Para cumplir con los requerimientos de información primaria, que permitan estimar una línea base de emisiones para el sector de autobuses, se ha elaborado un instrumento (encuesta), cuyo propósito es obtener información sobre el tipo de vehículo, recorrido, gasto de combustible, entre otros; así como de terminar el grado de conocimiento en relación a nuevas tecnologías o combustibles menos contaminantes, el grado de disponibilidad al cambio tecnológico de los concesionarios y las potenciales barreras institucionales para adaptarse al cambio. La lista de empresas proporcionada por la Cámara de Autobuses y por la ARESEP, al encontrarse desactualizada no ha permitido contar con un número de respuestas adecuadas que permita hacer inferencia estadística para los propósitos del estudio.

De acuerdo a lo anterior, se empleo la información proporcionada por la ARESEP que considera la siguiente distribución por tipo de ruta para diferentes recorridos, la misma puede ser considerada como una muestra representativa en términos de la flota de autobuses que es de aproximadamente 15 524 unidades.

Tabla 20. Muestra considerada para el sector autobuses de acuerdo al tipo de ruta

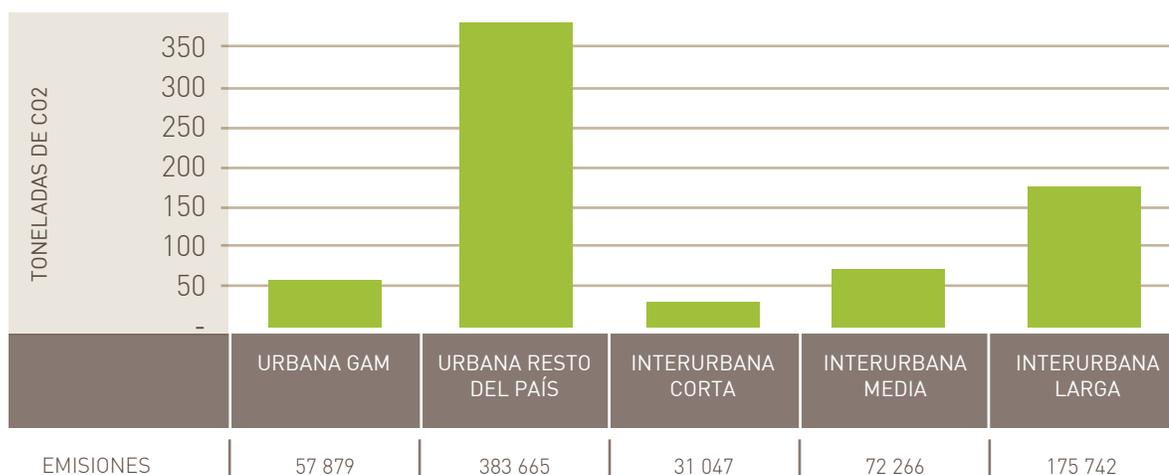
Tipo de Rutas	No. de rutas (recorridos)	Flota equivalente
Urbana GAM	215	270
Urbana Resto del país	163	519
Interurbana Corta	61	465
Interurbana Media	17	294
Interurbana Larga	39	391
Total	495	1 939

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

6.3 RESULTADOS

Los resultados respecto al total de emisiones de CO₂ en toneladas por año y por vehículo se presentan en el gráfico 28. **Las emisiones de CO₂ por vehículo resultan menores en la GAM siendo de 57,88 toneladas al año para las rutas ubicadas en esta región, contrariamente las rutas denominadas como urbanas ubicadas en el resto del país son las que presentan las mayores emisiones por autobús al año llegando a un total de 383,66 toneladas de CO₂.** Así mismo, **las emisiones por autobús para las rutas interurbanas van desde las 31,04 toneladas de CO₂ al año hasta las 175,74 toneladas.** Las rutas urbanas para el resto del país presentan la mayor cantidad de emisiones promedio por vehículo, lo anterior es probable considerando la mayor antigüedad de las flotas en estas zonas, lo que puede generar ineficiencia en el consumo de combustible, asimismo, son rutas y recorridos más irregulares en términos de la topografía del suelo, en algunos casos con pendientes muy elevadas, lo que incrementa el consumo de combustible.

Gráfico 28. Costa Rica. Emisiones promedio de CO₂ por vehículo por tipo de ruta

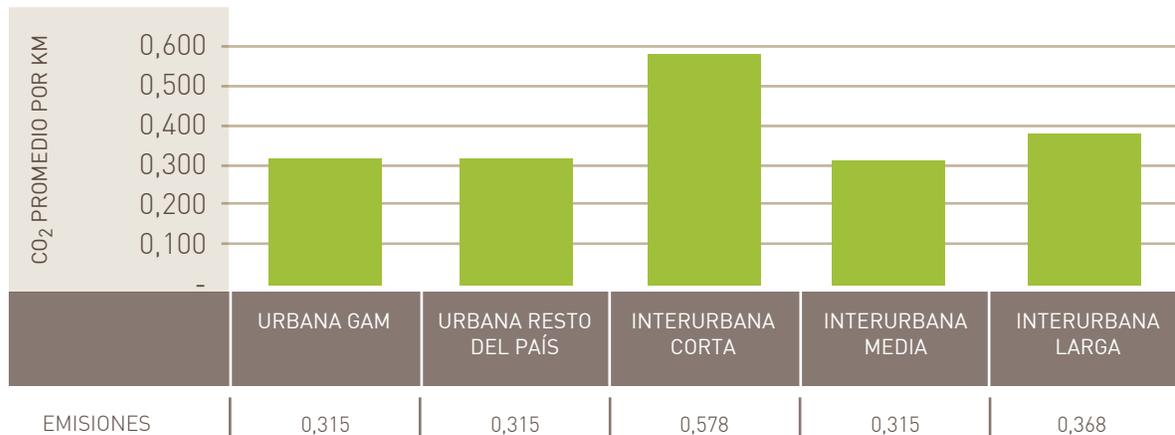


Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Para efectos de comparación con otras tecnologías vehiculares, otros combustibles o bien otros medios de movilización masiva de pasajeros, se ha procedido a obtener un indicador de emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido para autobuses por tipo de ruta. El gráfico 29 muestra las emisiones de CO₂ / Km recorrido expresadas en kilogramos de CO₂ y considerando el promedio de Km que recorren los autobuses anualmente para cada una de las rutas definidas. **Las unidades que realizan sus recorridos en rutas interurbanas cortas son las que posee las mayores emisiones de CO₂ por kilómetro recorrido, estimándose en 0,57Kg por kilómetro recorrido.** Por su parte, las rutas urbanas e interurbana media presentan prácticamente los mismos valores para las emisiones por kilómetro recorrido (0,31Kg).

Las rutas interurbanas cortas son las que presentan la mayor cantidad de emisiones por kilómetro recorrido, muchas de éstas rutas tienen mayores recorridos que las rutas urbanas, adicionalmente, incorporan ingresos o salidas de centros poblacionales importantes en condiciones de congestión, lo que implica un mayor consumo de combustible por kilómetro recorrido.

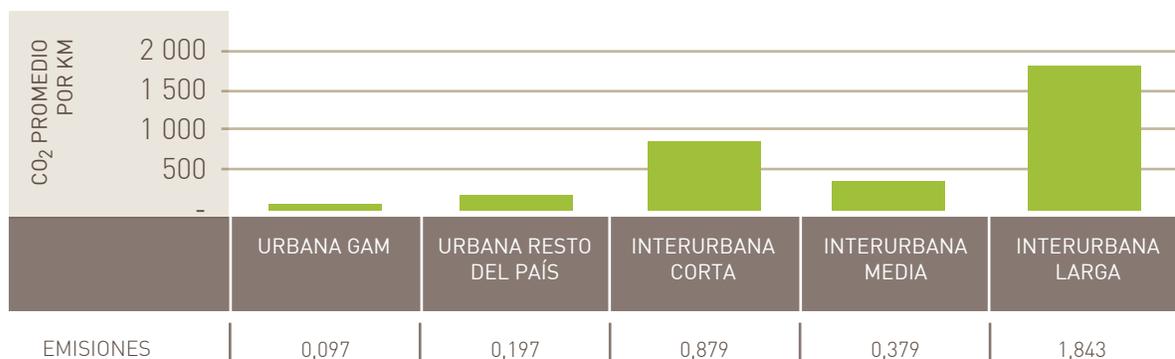
Gráfico 29. Costa Rica. Emisiones promedio por Km recorrido para buses, por tipo de ruta (Kg CO₂/Km)



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Adicionalmente, **han sido estimadas las emisiones de CO₂ por pasajero por Km recorrido, siendo relativamente bajas las emisiones por pasajero en la GAM (0,097Kg) y el resto del país (0,197Kg).** Esto se explica por la mayor cantidad de pasajeros que movilizan en cada recorrido, así como, el mayor número de paradas con los respectivos abordajes y descensos de pasajeros, los cuáles son mayores aumentando el número promedio de pasajeros por recorrido. Para las rutas interurbanas los valores oscilan desde 0,37 hasta 0,87 kilogramos de CO₂ por pasajero. Las mayores emisiones por pasajero en las rutas interurbanas largas se deben al mayor consumo de combustible y la mayor cantidad de kilómetros recorridos por pasajero movilizado en comparación con el resto, en este caso el número de pasajeros que inicia el viaje y los que lo finalizan tienden a ser muy similares.

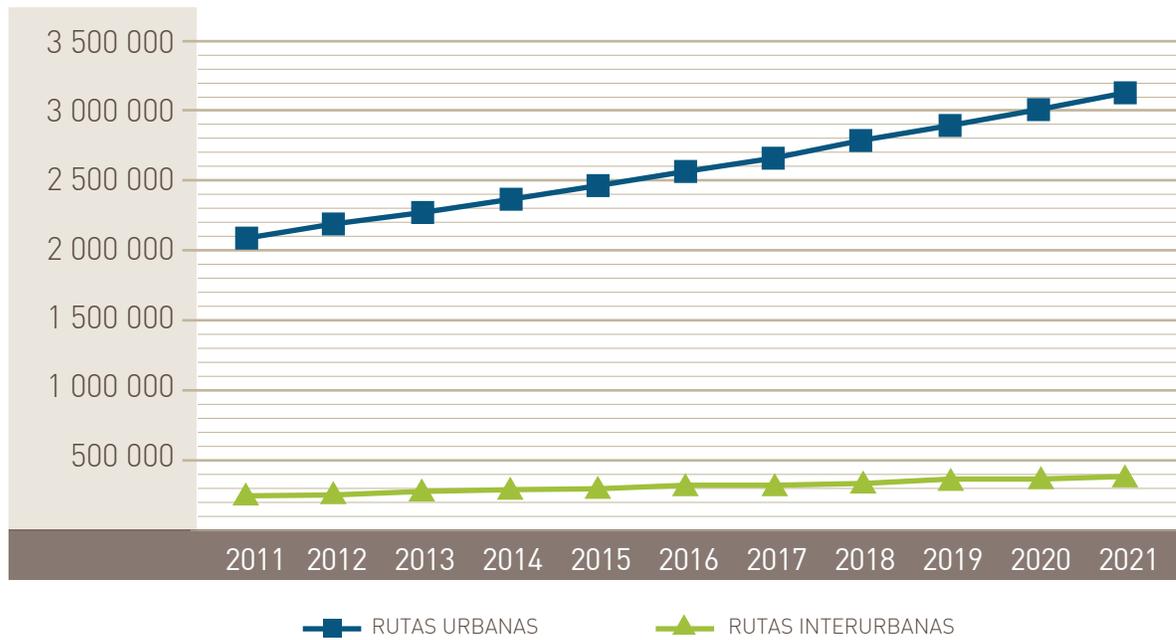
Gráfico 30. Costa Rica. Emisiones promedio por Kg CO₂/pasajero para buses, por tipo de ruta. (Kg CO₂/pasajero)



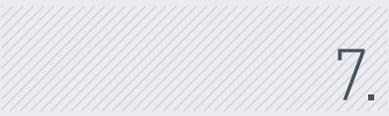
Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Finalmente, se realiza una aproximación al número de toneladas de CO₂ emitidas por la flota de autobuses en el país, para ello se considero una distribución porcentual de las rutas en urbanas e interurbanas de acuerdo a la información proporcionada por ARESEP para posteriormente relacionarlo con los datos de flota equivalente, **dando como resultado un 70% de la flota vehicular en zonas urbanas y el restante en rutas interurbanas.** De acuerdo lo anterior, considerando una flota de autobuses de 15 545 unidades y extrapolando los resultados de las emisiones de CO₂ por autobús, **se estima un total de 2 071 344 toneladas de CO₂ en rutas urbanas y un total de 249 349 toneladas de CO₂ en rutas interurbanas. Este dato es al año, para todo el ciclo y que diferencias tiene.**

**Gráfico 31. Emisiones de CO₂ en toneladas anuales. Rutas urbanas e interurbanas.
Período 2012-2021**



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012



7. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO AUTOBÚS REPRESENTATIVO

En el caso de Costa Rica, el modelo de la estructura productiva para el bus representativo debe estar bajo las características que establece la ley (Ley No. 7593), donde se incorpore las mejores prácticas según el desarrollo del conocimiento y la tecnología, esto al margen de que en el mercado real surjan o existan distorsiones que reflejen esquemas de operación o prácticas inadecuadas o no deseadas. En este caso sugeridas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, donde a nivel legal está establecido que el cálculo tarifario asociado a los servicios públicos debe ser realizado con base en estructuras productivas modelo, identificando claramente los componentes de esas estructuras productivas y complementando con información actualizada según el desarrollo del conocimiento, la tecnología, las posibilidades del servicio y el tamaño de las empresas prestatarias.

En el caso de la estructura de costos que se presenta en el informe del modelo financiero para el autobús representativo de línea base (diesel), esta basada en información proporcionada por la ARESEP, en base a estructuras de costos e ingresos de empresas representativas del servicio de transporte remunerado de personas modalidad autobús.

En el caso de Costa Rica, en términos generales se pueden identificar tres tamaños característicos de empresas funcionando en el mercado del transporte público por autobús: empresas pequeñas, empresas medianas y empresas grandes. El tamaño de la empresa se puede visualizar desde el punto de vista de la dimensión de la flota, esta tiene la característica según se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Costa Rica. Tamaño de las empresas de transporte público en Costa Rica en función de la flota

Empresa	Flota (vehículos de transporte público)
Pequeña	Flota \leq 20 unidades
Mediana	20 < Flota \leq 60 unidades
Grande	Flota > 60 unidades

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

La estructura de costos de la empresa representativa se fundamenta en el modelo de costos (fijos-variables). Este enfoque está estructurado a partir del comportamiento de los costos conforme el volumen de producción varía. En el caso de transporte de personas por el modo autobús, el volumen de producción se refiere a cantidad de viajes.

Partiendo de las definiciones anteriores, los costos fijos y variables para el transporte de personas por el modo autobús, son los siguientes:

Costos fijos:

- Costos por depreciación de la flota.
- Costos por depreciación de instalaciones de operación.
- Costos por depreciación de infraestructura física de apoyo (terminales y estaciones de integración).
- Costos por depreciación de infraestructura tecnológica de apoyo (pago electrónico, sistema de seguridad y sistema de información al usuario).
- Costos por depreciación de maquinaria y equipo.
- Costos por remuneración de capital asociado a la flota.

- Costos por remuneración de capital asociado a terrenos e instalaciones de operación.
- Costos por remuneración de capital asociado a infraestructura física de apoyo (terminales y estaciones de integración).
- Costos por remuneración de capital asociado a infraestructura tecnológica de apoyo (pago electrónico, sistema de seguridad y sistema de información al usuario).
- Costos por remuneración de capital asociado a maquinaria y equipo.
- Costos por remuneración de capital de proveeduría.
- Costos por personal de operación, mantenimiento y administrativo.
- Costos por repuestos y accesorios.
- Costos por derechos, seguros, cánones y peajes.
- Costos por servicios públicos (agua, electricidad, teléfono, telecomunicaciones).
- Costos por retribución del concesionario¹³. *

Costos variables:

- Costos por consumo de llantas.
- Costos por consumo de aceite de motor.
- Costos por consumo de otros aceites, líquido de frenos y grasa.
- Costos por consumo de combustible.
- Costos por limpieza y lavados de vehículos.

7.1 LÍNEA BASE TRANSPORTE PÚBLICO POR AUTOBÚS EN COSTA RICA TECNOLOGÍA ACTUAL

En Costa Rica las rutas de transporte público por autobús han sido clasificadas de acuerdo a su longitud. En lo que se refiere a la estructura productiva modelo de la empresa representativa de transporte público por autobús, desde el punto de vista técnico-económico las variantes operativas entre rutas no involucran tantos grupos, sino únicamente tres: rutas urbanas (25Km o menos de longitud), rutas interurbanas (25 a 70Km de longitud) y rutas interregionales (más de 70Km de longitud).

13. La retribución mensual del concesionario está fundamentada en el Artículo 3, inciso b, de la Ley No. 7593, Ley de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica. En ese artículo se establece como definición de servicio al costo: "*principio que determina la forma de fijar las tarifas y precios de los servicios públicos, de manera que se contemplen únicamente los costos necesarios para prestar el servicio, que permitan una retribución competitiva y garanticen el adecuado desarrollo de la actividad*".

En la tabla 22 se resumen las características de los tipos de vehículos considerados para efectos del costeo estándar de la empresa representativa de transporte público en Costa Rica.

Tabla 22. Costa Rica. Características generales de la flota de la empresa representativa (para costeo estándar)

	Autobús convencional urbano	Autobús convencional interregional	Autobús urbano articulado	Autobús urbano biarticulado
Capacidad total (personas)	80-100	52-60	120-160	150-240
Peso vacío (Kg)	10,0	12,0	14,0	16,0
Peso lleno (Kg)	15,4	16,0	23,6	29,2
Potencia (kW)	144-165kW 193-221 hp	250kW (335 hp)	250kW (335 hp)	250kW (335 hp)
Longitud total (m)	9,4-13,0	10,0-13,0	16,5-18,1	23,0-25,0
Número de ejes	2	2	3	4
Número de llantas	6	6	10	14
Aceleración (m/s ²)	0,5	0,5	0,5	0,5

Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. "Protocolos Técnicos para la Regulación del Servicio y el Cálculo de Tarifas". San José, Costa Rica. 2011

Estructura de costos para el autobús convencional urbano, interurbano e interregional

En la tabla 23 se presenta el precio del vehículo modalidad autobús para el bus representativo convencional y de cambio tecnológico bajo en emisiones de acuerdo a precios de mercado internacional.

Tabla 23. Costa Rica. Precios unitarios de autobuses para el cálculo de costos del bus representativo (a diciembre de 2011)

Componente	Descripción	Unidad	Costo unitario (¢, diciembre de 2011)	Costo unitario (US\$, diciembre de 2011) con rampa	Fuentes de información
Vehículos nuevos	Autobús convencional urbano e interurbano	Vehículo	¢45 321 545	\$98 003	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica, modelo líder con insumos actualizados a diciembre de 2011
	Autobús convencional interregional	Vehículo	¢73 645 000	\$153 000	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos de Costa Rica, modelo líder con insumos actualizados a diciembre de 2011
	Autobús convencional interurbano	Vehículo	¢56 650 000	\$120 000	Datos de mercado internacional
	Autobús urbano Híbrido	Vehículo	¢103 000 000	\$200 000	Datos de mercado internacional
	Autobús urbano Eléctrico	Vehículo	¢206 000 000	\$400 000	Datos de mercado internacional

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Tabla 24. Costa Rica. Estructura de costos para el autobús urbano convencional (diesel) colones

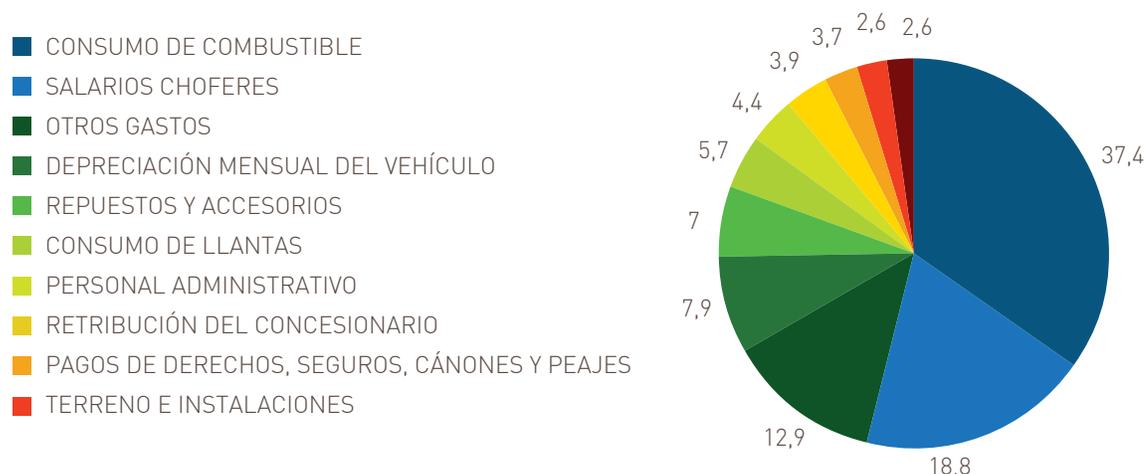
Costos	Cantidad	Costo mensual	Costo Anual
			Costo Anual
Costos fijos			¢23 142 094
Depreciación mensual del vehículo		¢290 580	¢3 486 956
Remuneración mensual vehículo		¢122 613	¢1 471 357
Depreciación mensual de instalaciones		¢11 661	¢139 928
Remuneración mensual terreno e instalaciones		¢96 193	¢1 154 318
Depreciación mensual maquinaria y equipo		¢5 922	¢71 066
Remuneración mensual maquinaria y equipo		¢4 012	¢48 143
Depreciación mensual de infraestructura física de apoyo		¢370	¢4 440
Remuneración mensual terreno e infraestructura de apoyo		¢9 139	¢109 671
Depreciación mensual infraestructura tecnológica pago electrónico		¢13 863	¢166 362
Depreciación mensual infraestructura tecnológica información al usuario		¢4 971	¢59 647
Depreciación mensual infraestructura tecnológica protección al usuario		¢3 050	¢36 597
Remuneración mensual infraestructura tecnológica pago electrónico		¢3 441	¢41 291
Remunerac. mensual infraestr. tecnológica información al usuario		¢1 441	¢17 287
Remunerac. mensual infraestr. tecnológica protección al usuario		¢873	¢10 476
Gastos mensuales totales en repuestos y accesorios		¢209 890	¢2 518 683
Costos mensuales totales de capital de proveeduría		¢998	¢11 980
Gastos por pagos de derechos, seguros, cánones y peajes		¢96 377	¢1 156 522
Gastos por servicios públicos		¢15 782	¢189 383
Costos mensuales salarios choferes		¢691 883	¢8 302 600
Costos mensuales salarios despachadores		¢42 912	¢514 950
Costos mensuales salarios supervisores		¢36 663	¢439 960
Costos mensuales salarios mecánicos		¢38 766	¢465 187
Costos mensuales salarios ayudantes mecánica		¢26 114	¢313 372
Costos mensuales salarios electromecánicos		¢7 759	¢93 110
Costos mensuales salarios ayudantes electromecánica		¢5 227	¢62 724
Costo mensual salario llanero		¢4 298	¢51 576
Costo mensual salario trabajadores enderezado y pintura		¢23 798	¢285 582
Costo mensual encargado de bodega		¢4 298	¢51 576
Costo mensual ayudantes de bodega		¢5 965	¢71 579
Costo mensual personal administrativo		¢144 534	¢1 734 404
Costo mensual por asesorías profesionales		¢5 114	¢61 371
Costos variables			¢20 981 942
Costo mensual consumo de combustible		¢1 373 755	¢16 485 057
Costo mensual consumo de llantas		¢161 846	¢1 942 148
Costo mensual por consumo de aceite de motor		¢29 299	¢351 593
Costo mensual por limpieza y lavados de vehículos		¢46 929	¢563 143
Costo mensual por retribución del concesionario		¢136 667	¢1 640 002

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

De acuerdo a los principales gastos operativos que tiene el autobús representativo como se observa en el gráfico 32, el coeficiente del gasto en combustible (diesel) es el rubro con mayor porcentaje dentro de la

estructura de gasto del bus urbano con un 37,4%, lo que indica que el rubro es muy sensible ante cualquier variación de los precios internacionales del petróleo. El empresario según encuesta realizada tiene una alta disposición de buscar nuevas alternativas sustitutivas al combustible convencional ya que se vuelve una opción cada vez más imperante en la búsqueda de maximizar sus beneficios y que el estudio analiza las diferentes opciones.

Gráfico 32. Estructura de costos del autobús urbano convencional 2011



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Tabla 25. Costa Rica. Estructura de costos para el autobús Interurbano convencional (diesel) colones

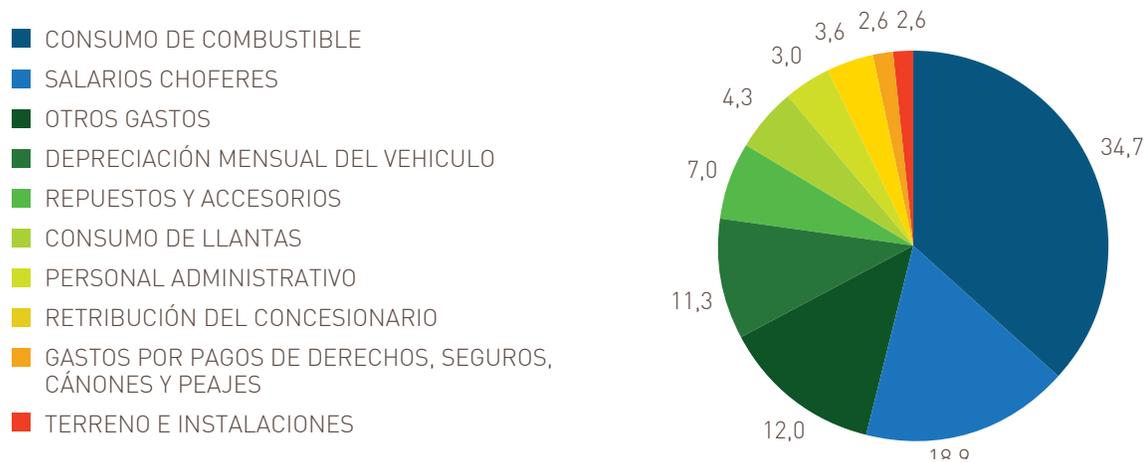
Costos			
	Cantidad	Costo mensual	Costo anual
Costos fijos			¢24 343 274
Depreciación mensual del vehículo		¢415 287	¢4 983 447
Remuneración mensual vehículo		¢90 882	¢1 090 584
Depreciación mensual de instalaciones		¢11 423	¢137 075
Remuneración mensual terreno e instalaciones		¢94 967	¢1 139 604
Depreciación mensual maquinaria y equipo		¢5 727	¢68 725
Remuneración mensual maquinaria y equipo		¢3 903	¢46 836
Depreciación mensual de infraestructura física de apoyo		¢232	¢2 779
Remuneración mensual terreno e infraestructura de apoyo		¢5 721	¢68 656
Depreciación mensual infraestructura tecnológica pago electrónico		¢10 892	¢130 698
Depreciación mensual infraestructura tecnológica inform al usuario		¢4 670	¢56 040
Depreciación mensual infraestructura tecnológica protección al usuario		¢2 969	¢35 626
Remuner. mensual infraestr. tecnológica pago electrónico		¢2 252	¢27 026
Remuner mensual infraestr. tecnológica información al usuario		¢1 348	¢16 174
Remunerac. mensual infraestr. tecnológica protección al usuario		¢850	¢10 198
Gastos mensuales totales en repuestos y accesorios		¢254 835	¢3 058 015
Costos mensuales totales de capital de proveeduría		¢1 214	¢14 574
Gastos por pagos de derechos, seguros, cánones y peajes		¢96 377	¢1 156 522

Gastos por servicios públicos		¢15 178	¢182 141
Costos mensuales salarios choferes		¢694 195	¢8 330 340
Costos mensuales salarios despachadores		¢26 864	¢322 367
Costos mensuales salarios supervisores		¢36 786	¢441 430
Costos mensuales salarios mecánicos		¢52 063	¢624 753
Costos mensuales salarios ayudantes mecánica		¢35 072	¢420 863
Costos mensuales salarios electromecánicos		¢10 406	¢124 878
Costos mensuales salarios ayudantes electromecánica		¢7 010	¢84 123
Costo mensual salario llanero		¢2 691	¢32 287
Costo mensual salario trabajadores enderezado y pintura		¢23 798	¢285 582
Costo mensual encargado de bodega		¢2 691	¢32 287
Costo mensual ayudantes de bodega		¢5 965	¢71 579
Costo mensual personal administrativo		¢108 887	¢1 306 646
Costo mensual por asesorías profesionales		¢3 452	¢41 418
Costos variables			¢19 619 827
Costo mensual consumo de combustible		¢1 271 129	¢15 253 553
Costo mensual consumo de llantas		¢155 898	¢1 870 770
Costo mensual por consumo de aceite de motor		¢27 540	¢330 485
Costo mensual por limpieza y lavados de vehículos		¢47 085	¢565 024
Costo mensual por retribución del concesionario		¢133 333	¢1 599 994

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

En el caso de la ruta interurbana se observa que el coeficiente de gasto en combustible es el mayor rubro de gasto 34,7%, seguido por los rubros de gastos en salarios 18,9% y depreciación del vehículo 11,3%. (ver gráfico 33).

Gráfico 33. Estructura de costos del autobús Interurbano convencional 2011



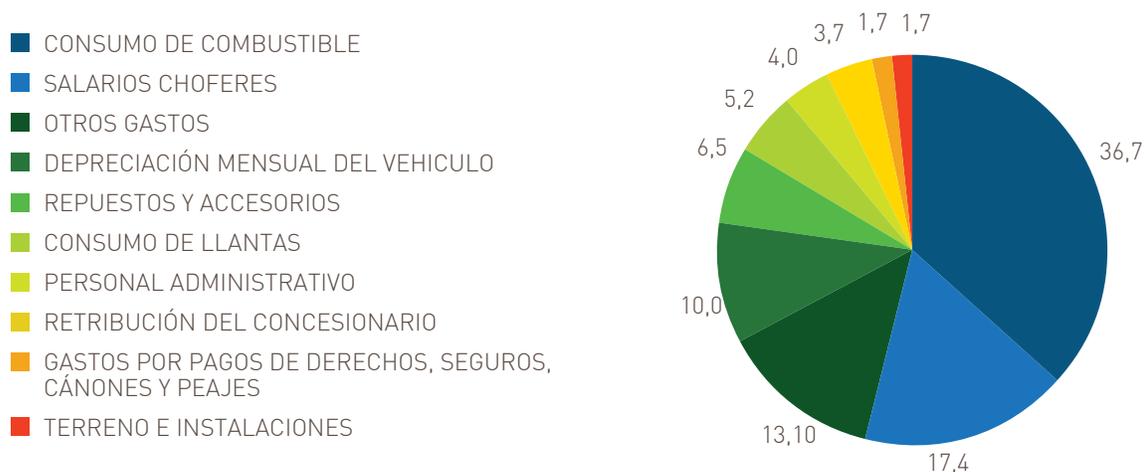
Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Tabla 26. Costa Rica. Estructura de costos para el autobús interregional convencional (diesel) colones

Costos	Cantidad	Costo mensual	Costo Anual
Costos fijos			¢41 917 017
Depreciación mensual del vehículo		¢425 866	¢5 110 391
Remuneración mensual vehículo		¢110 655	¢1 327 858
Depreciación mensual de instalaciones		¢12 983	¢155 792
Remuneración mensual terreno e instalaciones		¢103 013	¢1 236 156
Depreciación mensual maquinaria y equipo		¢7 007	¢84 083
Remuneración mensual maquinaria y equipo		¢4 617	¢55 407
Depreciación mensual de infraestructura física de apoyo		¢2 183	¢26 197
Remuneración mensual terreno e infraestructura de apoyo		¢53 927	¢647 121
Depreciación mensual infraestructura tecnológica pago electrónico		¢30 393	¢364 714
Depreciación mensual infraestructura tecnológica inform al usuario		¢6 643	¢79 714
Depreciación mensual infraestructura tecnológica protección al usuario		¢350	¢4 200
Remuner. mensual infraestr. tecnológica pago electrónico		¢10 052	¢120 626
Remuner mensual infraestr. tecnológica información al usuario		¢1 956	¢23 472
Remunerac. mensual infraestr. tecnológica protección al usuario		¢1 002	¢12 023
Gastos mensuales totales en repuestos y accesorios		¢652 033	¢7 824 398
Costos mensuales totales de capital de proveeduría		¢3 109	¢37 309
Gastos por pagos de derechos, seguros, cánones y peajes		¢96 377	¢1 156 522
Gastos por servicios públicos		¢19 544	¢234 526
Costos mensuales salarios choferes		¢1 138 480	¢13 661 757
Costos mensuales salarios despachadores		¢132 170	¢1 586 045
Costos mensuales salarios supervisores		¢125 790	¢1 509 475
Costos mensuales salarios mecánicos		¢71 750	¢860 998
Costos mensuales salarios ayudantes mecánica		¢48 334	¢580 008
Costos mensuales salarios electromecánicos		¢14 332	¢171 981
Costos mensuales salarios ayudantes electromecánica		¢9 655	¢115 854
Costo mensual salario llanero		¢13 238	¢158 853
Costo mensual salario trabajadores enderezado y pintura		¢23 798	¢285 582
Costo mensual encargado de bodega		¢13 238	¢158 853
Costo mensual ayudantes de bodega		¢5 965	¢71 579
Costo mensual personal administrativo		¢340 385	¢4 084 626
Costo mensual por asesorías profesionales		¢14 241	¢170 897
Costos variables			¢36 484 729
Costo mensual consumo de combustible		¢2 400 314	¢28 803 762
Costo mensual consumo de llantas		¢260 894	¢3 130 732
Costo mensual por consumo de aceite de motor		¢48 292	¢579 509
Costo mensual por limpieza y lavados de vehículos		¢87 840	¢1 054 080
Costo mensual por retribución del concesionario		¢243 054	¢2 916 646

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Gráfico 34. Estructura de costos del autobús interregional convencional 2011



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

7.2 ESTRUCTURA DE INGRESOS AUTOBÚS REPRESENTATIVO URBANO, INTERURBANO E INTERREGIONAL

La estimación de ingresos se realizó de acuerdo al modelo financiero que cuenta la ARESEP para cada una de las clasificaciones de rutas establecidas en Costa Rica, en este caso se trabaja con el promedio representativo para cada una de las rutas y de acuerdo al número de flotilla existentes.

Para el caso de la ruta urbana se estima un promedio de la tarifa establecida dentro de la establecidas en el país para una longitud de menos $L \leq 25\text{Km}$. En este caso se estableció un promedio de 260 (¢/Pax.), en el caso de la interurbana con longitudes $25\text{Km} < L \leq 70\text{Km}$ es de 461 (¢/Pax.) y la interregional se estimó un promedio de tarifa de 1 991 (¢/Pax.) para longitudes de $70\text{Km} < L$.

El volumen promedio de usuarios se obtuvo de una ruta representativa para cada una de las clasificaciones establecidas por la ARESEP, a continuación se presenta los ingresos promedios para cada una de las rutas representativas, esto para el caso de una empresa mediana.

Todos los valores son medios y tienen una variabilidad asociada al error de +- 5% de significancia.

Tabla 27. Costa Rica. Estructura de ingresos: autobús representativo, diciembre 2011 colones

Vehículo (Ruta representativa)	Tarifa Vigente promedio (¢/ Pax.)	Volumen Promed. Mensual (Pax./Mes)	Ingreso Promedio Mensual (¢)	Ingreso Promedio Anual(¢)
Urbana	¢260	23,338	¢6 068 013	¢72 866 151
Interurbana	¢461	13,967	¢6 439 068	¢77 268 818
Interregional	¢1 991	5,229	¢10 413 187	¢124 958 244

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

7.3 ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO AUTOBÚS REPRESENTATIVO URBANO, INTERURBANO E INTERREGIONAL

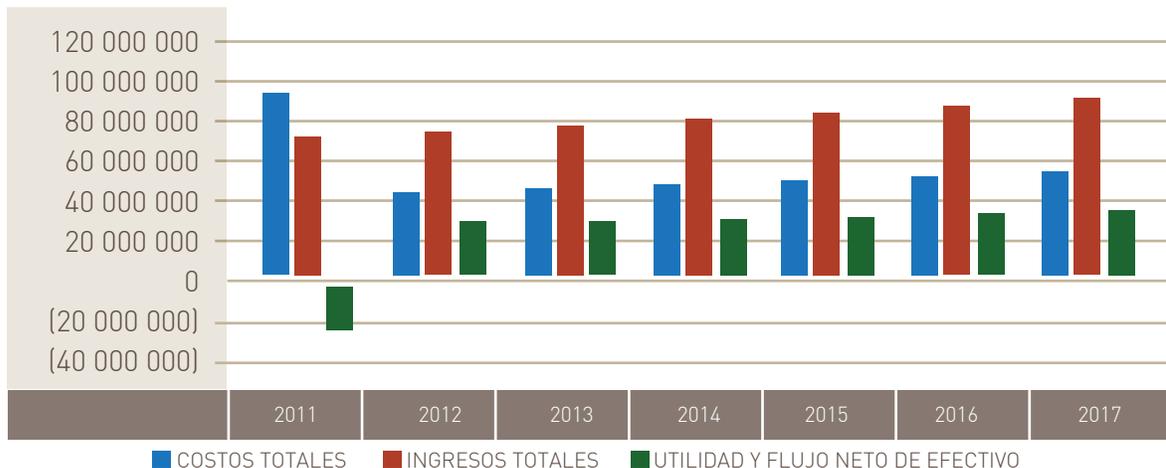
Una vez establecidas todas las inversiones, gastos e ingresos, además de haber determinado la depreciación y pago mensual de la cuota de financiamiento, es importante plantear los principales supuestos económicos para el análisis de rentabilidad de la actividad. El plazo de financiamiento obtenido por el sistema bancario nacional se establece en 7 años para un proyecto de inversión de compra de vehículo nuevo, en ese tiempo se conocería si el empresario habrá recuperado su inversión y habrá generado una utilidad. La tasa de interés con que se opera es de 8% anual en dólares promedio según cotizaciones realizadas a los distintos bancos en Costa Rica, a nivel público como privado.

Para el cálculo de los supuestos de este informe, se considera una inflación del 4% anual promedio de los últimos 3 años que ha tenido el país con lo cual se hacen las proyecciones financieras del flujo del proyecto. La tasa de descuento se establece en un 10% de acuerdo a la establecida por el BID para proyectos de inversión social en este caso de transporte público en Costa Rica. Con esto se estima todos los flujos esperados del proyecto a valor presente.

Los gráficos que se muestran a continuación reflejan al análisis financiero elaborado en las condiciones actuales del autobús representativo de acuerdo a los costos de operación estimados y los ingresos brutos establecidos por unidad para el periodo 2011-2017.

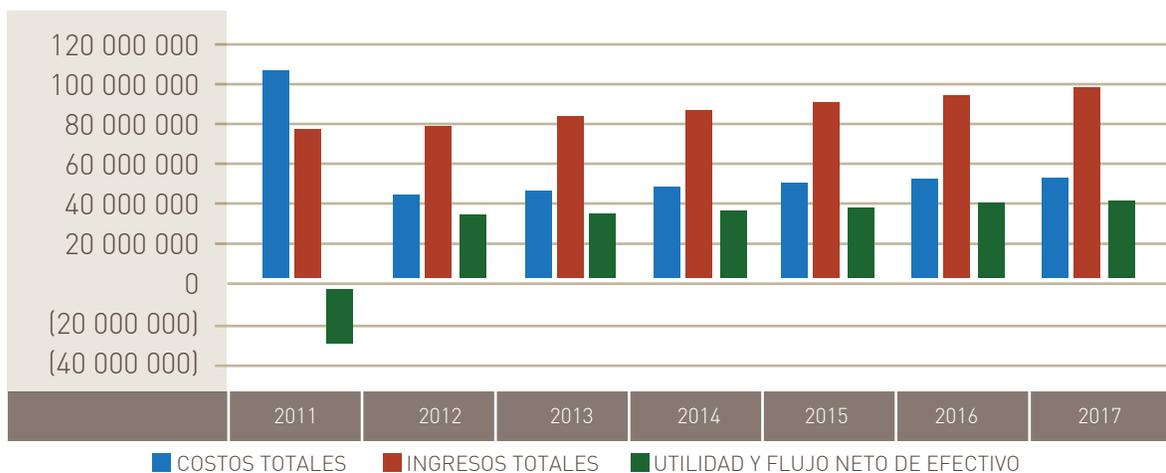
El análisis de evaluación de flujos netos para el autobús representativo en las diferentes rutas se presenta con las proyecciones en los gráficos. Los resultados obtenidos nos dan que en el caso del autobús interregional es el más rentable a nivel económico.

Gráfico 35. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras autobús urbano, diciembre 2011 colones



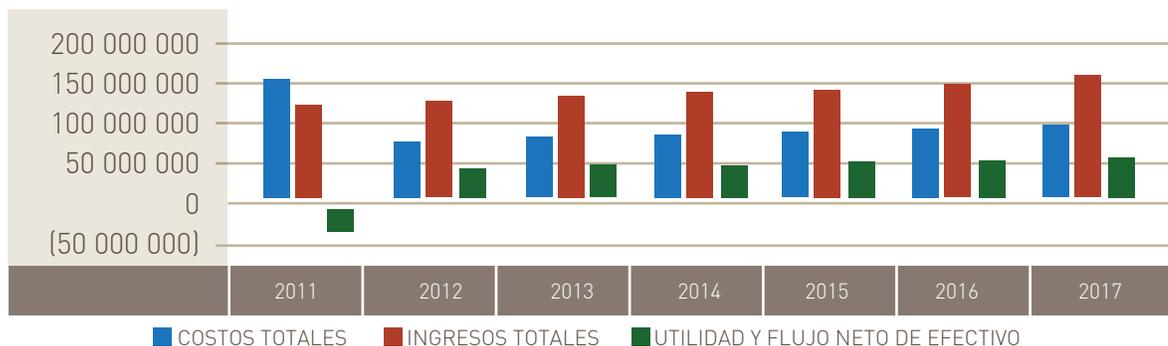
Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Gráfico 36. Flujo neto de efectivo: proyecciones financieras autobús interurbano, diciembre 2011 colones



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Gráfico 37. Flujo neto de efectivo: Proyecciones financieras autobús interregional, diciembre 2011 colones



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

7.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL AUTOBÚS REPRESENTATIVO CONVENCIONAL

Respecto al indicador de la rentabilidad se observa que la tasa interna de retorno (TIR) es mayor que a la tasa mínima de rendimiento establecida por el proyecto cuando se adquiere el préstamo, lo que significa que las ganancias expresadas por los empresarios de autobuses son suficientes para recuperar su inversión y obtener una ganancia neta. En este caso en los tres casos analizados por ruta representativa en Costa Rica, se observa que la interregional es la más rentable (TIR 65%) seguida por la ruta urbana (TIR 58%) y la interurbana con un TIR de 49% (ver tabla 28).

Tabla 28. Costa Rica. Determinación de los parámetros de rentabilidad. Autobús representativo urbano/rural 2011-2017

Vehículo	VAN	TIR
Autobús Urbano	¢55 461 611	58%
Autobús Interurbano	¢59 325 544	49%
Autobús Interregional	¢94 872 104	65%

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

7.5 ESCENARIOS FINANCIEROS CON CAMBIO TECNOLÓGICO MODALIDAD AUTOBÚS DE BAJAS EMISIONES

A partir de estos escenarios base para el autobús convencional, pasamos a realizar un análisis de las proyecciones financieras de la utilización de vehículos cuya huella de carbono es menor, es decir, lo que asumiremos como variable a valorar es la intensidad de emisiones de CO₂ de este grupo de vehículos, pasamos previo a la descripción general de dichas opciones tecnológicas.

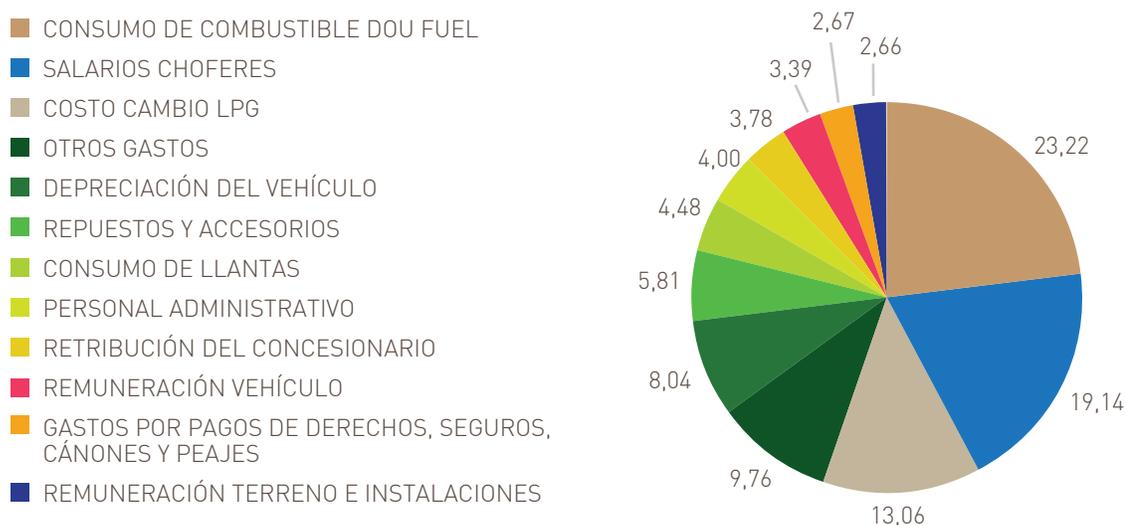
7.5.1. Autobús Híbrido Diesel-LPG (Dual Fuel LPG)

Como parte de las estrategias de mitigación que se han emprendido algunos empresarios de autobuses de manera unilateral ha sido la búsqueda de combustibles más “limpios”. En general el LPG reduce las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x), prácticamente no emite partículas, reduce los niveles de ruido, ayuda a reducir la generación de ozono troposférico.

Actualmente en el país se ha empezado a utilizar la tecnología Dual Fuel que utiliza diesel y gas licuado, logrando obtener un beneficio económico importante, debido a la diferencia de precio que existe entre el gas y los combustibles líquidos. Para efectos de análisis se supone que se utiliza un 50% diesel y un 50% LPG.

Así frente a los múltiples beneficios que pueden surgir de utilizar el LPG, se toma en cuenta los costos de conversión un bus para que ésta funcione 50% a gas, en este caso la inversión asciende a los \$11 000. Un beneficio económico importante se refleja en el coeficiente de combustible de un vehículo convencional (diesel) a un híbrido, donde pasa de 37,4% a un 23,2%.

Gráfico 38. Estructura de costos del autobús Duo Fuel, diciembre 2011



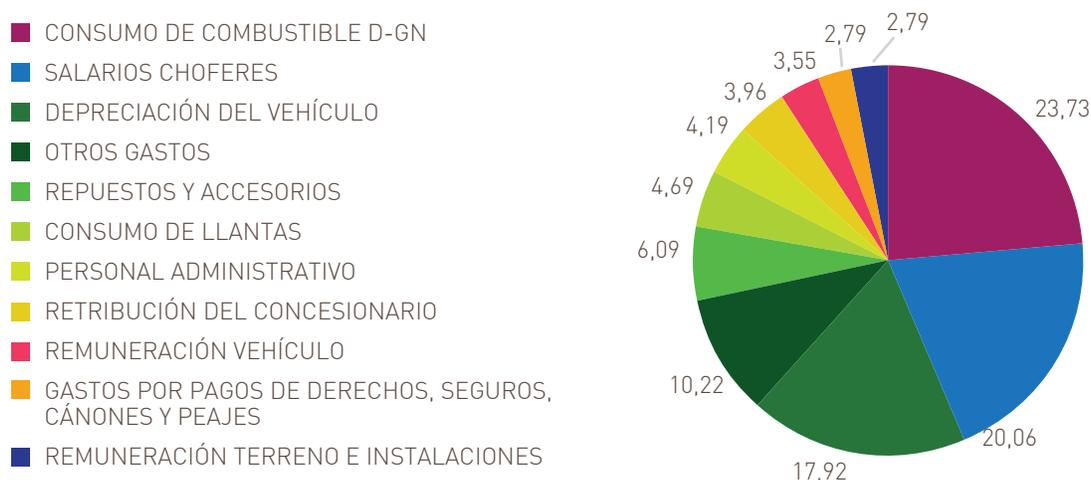
Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

7.5.2. Autobús Híbrido Diesel-Gas Natural

El prototipo de este autobús aún no se encuentra en el país, sin embargo corresponde a la tecnología que se ha dado en llamar FLEX y que permite a los buses funcionar indistintamente con diesel o con gas natural emitiendo un 80% menos de particulado contaminante y 20% menos de CO₂ que otro tradicional.¹⁴

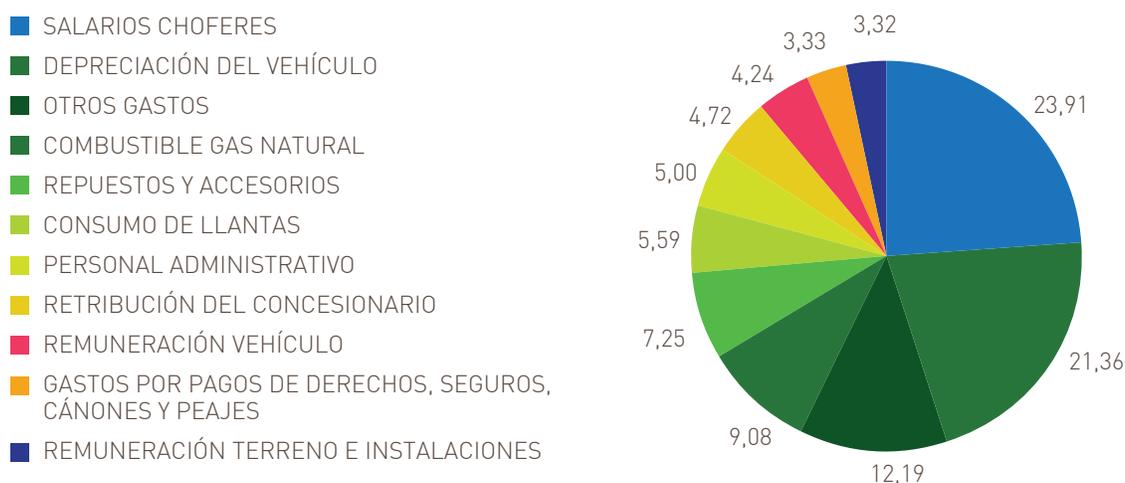
Como en el caso de taxi se estimó un precio de importación de gas natural para el consumidor final, se estima la factibilidad económica y rentabilidad que tendría la utilización de este tipo de tecnología bajo en emisiones para el sector de transporte modalidad buses.

Gráfico 39. Estructura de costos del autobús híbrido (diesel-gas natural), diciembre 2011



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Gráfico 40. Estructura de costos del autobús gas natural, diciembre 2011



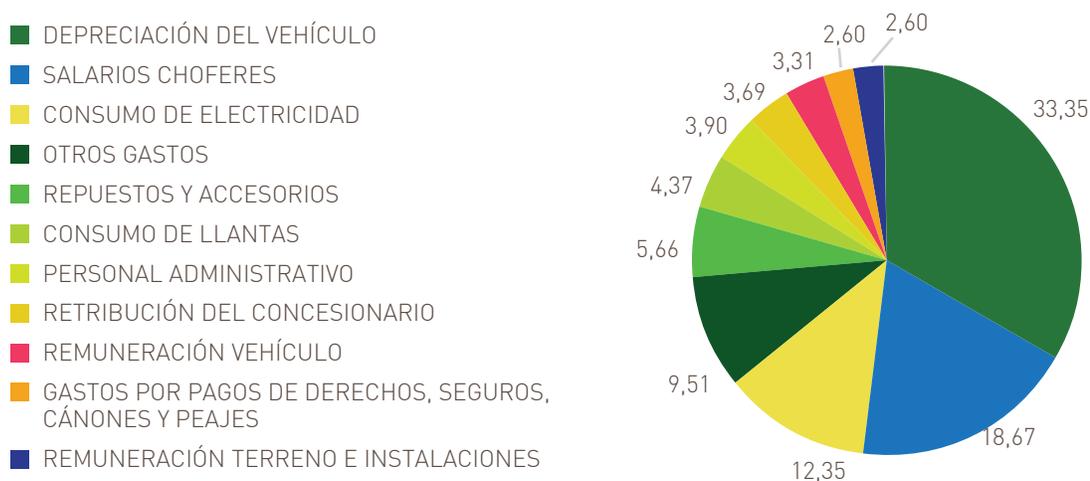
Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

14. Ver (<http://www.nacion.com/2012-04-23/ElPais/uso-de-gas--natural-es-una-alternativa-en-costa-rica.aspx>)

7.5.3. Autobús Eléctrico

En el país se ha venido utilizando este tipo de tecnología a modo de prueba por parte de la CNFL, sin embargo para este ejemplo se han usado cotizaciones de vehículos eléctricos que podrían ser importados desde China y Europa. Actualmente el precio en el mercado internacional ronda los \$400 000 cada unidad. Este tipo de vehículos tiene la características que se cargan enchufándolos a un tomacorriente de 220 voltios durante siete horas, tras ese tiempo el bus puede circular hasta 120 kilómetros diarios, se supone que para rutas urbanas podrían establecerse en el país.

Gráfico 41. Estructura de costos del autobús eléctrico, diciembre 2011

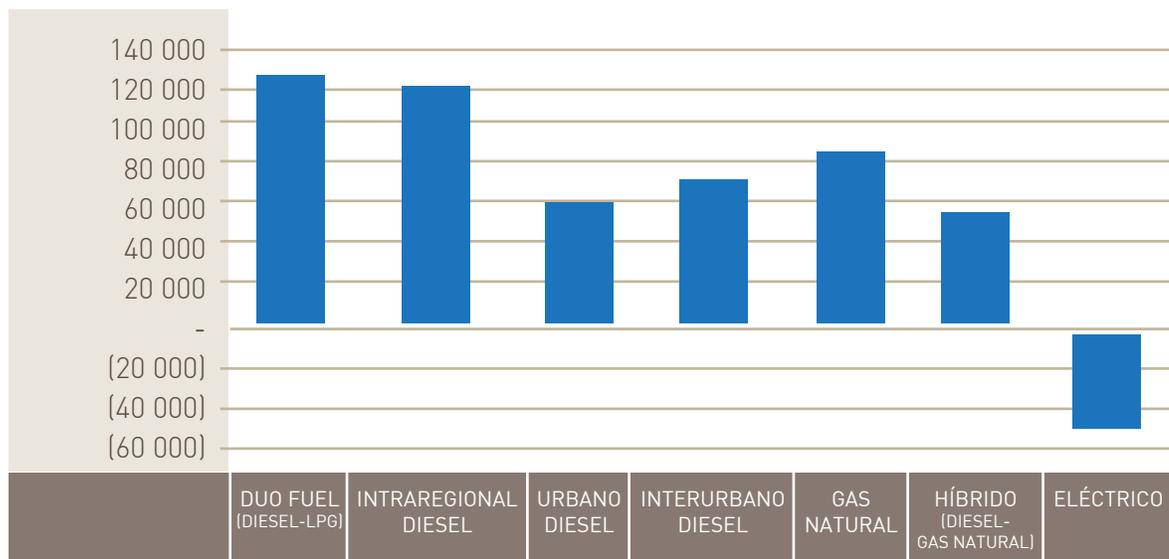


Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

7.6 ANÁLISIS COMPARATIVO FINANCIERO DE LOS MODELOS CON CAMBIO TECNOLÓGICO

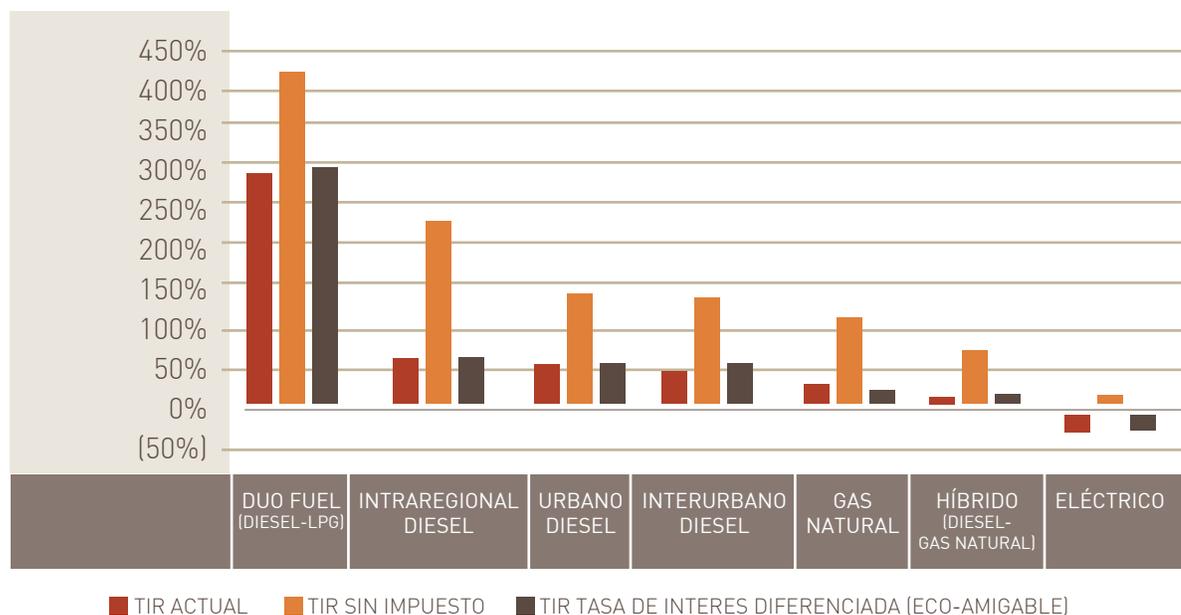
Los datos reflejan que las tecnologías híbridas (diesel-LPG y diesel-gas natural) son rentables con tasas de retorno razonables para conseguir financiamiento bancario. En este caso del autobús eléctrico no resulto positivo, por la inversión inicial que presenta y en el caso contrario al de taxi esta modalidad no recibe ninguna exoneración a impuestos que se le brinda al taxi. Sería por lo tanto interesante pensar en alguna medida algún tipo de política tributaria o subsidio para la banca en otorgar algún tipo de tasa diferenciada (eco-amigable) que permita un financiamiento rentable para el empresario que opte por este tipo de tecnología que en términos ambientales es la de menos emisión y con mucho potencial por el país de acuerdo a su matriz de generación de energía renovable que actualmente se discute.

Gráfico 42. Costa Rica. Resultados VAN para distintas tecnologías en autobuses, colones diciembre 2011

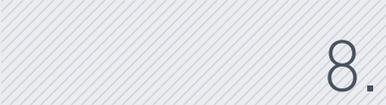


Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Gráfico 43. Costa Rica: resultados TIR para distintas tecnologías en autobús y escenarios de instrumentos de política diciembre 2011



Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012



8. CURVA DE COSTO DE ABATIMIENTO PARA EL SECTOR DE AUTOBUSES

Las alternativas tecnológicas implicadas en la preparación de la curva fueron los autobuses eléctricos, los impulsados por gas natural, el Dual Fuel, LPG y el híbrido diesel-gas natural; mientras que las características del autobús representativo de la situación actual en las rutas urbana, interurbana corta, interurbana media e interurbana larga fueron determinadas de acuerdo con los datos proporcionados por la ARESEP.

8.1 SUPUESTOS UTILIZADOS

Una vez elegidas las distintas tecnologías evaluadas en el estudio y previo a la transformación cuantitativa de la información, las suposiciones tomadas en consideración para elaborar la curva de abatimiento se dividieron en dos partes: las generales y las específicas de cada tecnología.

En ese sentido, los supuestos establecidos a nivel general son:

- Los usuarios de autobuses sólo utilizan este medio de transporte, dejando de lado los taxis; por lo que las dos opciones no compiten entre sí.
- Los factores de emisión del diesel y el LPG utilizados fueron los propuestos por el Instituto Meteorológico Nacional; mientras que en el caso del gas natural se empleó el indicado por *Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data)* y el de la electricidad se supuso igual a cero, dada una carga nocturna con energías renovables en el país.
- La ocupación promedio por autobús es de 32,8 pasajeros (DSE, 2004).
- La tasa de crecimiento de la economía es de un 4,09%.
- El recorrido del vehículo representativo y las distintas tecnologías es el promedio de kilómetros viajados por ruta y los resultados se extrajeron de las cifras facilitadas por ARESEP.
- El costo de abatimiento fue calculado con base en los valores actuales netos obtenidos en el modelo financiero de cada tecnología.

Por su parte, los supuestos considerados a nivel particular por cada alternativa tecnológica son:

Autobús híbrido diesel-gas natural:

- Un 50% funciona a diesel y el otro 50% a gas natural.
- El precio promedio del diesel es de \$667 por litro.
- El costo del litro de gas natural es de \$319.

Autobús a gas natural:

- El costo del litro de gas natural es de \$319.
- El rendimiento del autobús es de 1,20Km/m³¹⁵.

15. Información tomada del seminario "El gas natural y el hidrógeno en automoción" desarrollado por Tomás Burgaleta Hernando (2003). "La experiencia de la utilización del gas natural en los autobuses de Madrid". Empresa Municipal de Transportes de Madrid.

Autobús eléctrico:

- Se asume que las emisiones de CO₂ producidas por el vehículo son nulas, dado que se supone una carga nocturna con energías renovables en el país.
- El costo de la carga diaria es de ₡1 140.
- El rendimiento del autobús es de 120Km por carga al 100%.

Autobús híbrida diesel-LPG:

- El precio del litro de LPG es de ₡270 284.
- El rendimiento promedio del autobús es de 1,22¹⁶Km/L con LPG.

8.2 CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO POR TECNOLOGÍA

Habiendo aclarado lo anterior, se proceden a calcular las emisiones de dióxido de carbono de cada tecnología a través de la fórmula:

$$E_{CO_2} B_R = \left(\frac{QKM_{ji}}{CC_{ji}} \right) * FE_i$$

Donde:

E_{CO₂} = Emisiones totales anuales de CO₂ por autobús.

QKM_{ji} = Gasto promedio en combustible por modelo de autobús "j" y combustible "i" por año.

CC_{ji} = Consumo del combustible por autobús "j" según tipo de combustible "i".

FE_i = Factores de emisión para el combustible "i".

En lo referente a los componentes del cálculo de las emisiones, se destaca que los factores de emisión sugeridos por el Instituto Meteorológico Nacional para cada combustible son:

16 Proporcionado por una empresa costarricense que se encuentra probando un autobús de este tipo de tecnología en el país.

Tabla 29. Factores de emisión utilizados

Combustible	Factor de emisión	
	Kg/litro	g/litro
Diesel	2,69	-
LPG	1,61	-
Gas natural	-	1,92
Electricidad	0	-

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data)

Nota: tal y como se mencionó en el apartado de supuestos, se consideró que el factor de emisión de la electricidad es igual a cero dada la carga nocturna.

Los litros de combustible consumidos por las distintas tecnologías resultaron de la división entre los kilómetros promedio recorridos en cada región presentados en la tabla 30 y los kilómetros que es capaz de recorrer cada una de ellas por litro o carga. Los litros o cargas anuales consumidos en cada región aparecen en la tabla 31.

Tabla 30. Costa Rica. Número de kilómetros promedio recorridos anualmente por el autobús representativo en cada ruta

Kilómetros promedio recorridos anualmente	Urbana GAM	Urbana Resto del País	Interurbana Corta	Interurbana Media	Interurbana Larga
	5 840	38 999	20 883	39 354	197 693

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Tabla 31. Costa Rica. Número de litros consumidos anualmente por las tecnologías en cada región

Tecnología	Litros consumidos en ruta urbana GAM	Litros consumidos en ruta urbana resto del país	Litros consumidos en ruta interurbana corta	Litros consumidos en ruta interurbana media	Litros consumidos en ruta interurbana larga
Híbrido diesel-LPG	50% (diesel) 2 395 (LPG)	50% (diesel) 15 990 (LPG)	50% (diesel) 8 562 (LPG)	50% (diesel) 16 135 (LPG)	50% (diesel) 81 054 (LPG)
Gas natural**	4 847 553	32 368 991	17 332 823	32 663 925	164 085 205
Eléctrico	49	325	174	562	1,647
Híbrido diesel-gas natural	50% (diesel) 2 423 777 (gas natural)	50% (diesel) 16 184 495 (gas natural)	50% (diesel) 8 666 412 (gas natural)	50% (diesel) 16 331 962 (gas natural)	50% (diesel) 82 042 603 (gas natural)

** El gas natural presenta un consumo en millones de litros porque se está tomando como referencia un rendimiento de 1.20Km/m³

Fuente: RECOPE, Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, Empresa Municipal de Transportes de Madrid 2003, CINPE con Modelo ARESEP, 2012.

Una vez aclarado lo anterior, en los resultados obtenidos para las emisiones de CO₂ se encontró que el autobús impulsado por gas natural sería el que menos emisiones de dióxido de carbono produce en las rutas urbana GAM y urbana Resto del país; sin embargo éste pierde efectividad en las rutas interurbanas, incluso alcanzado a generar más emisiones que la tecnología actual en la interurbana corta y en la larga. (ver tabla 32).

Tabla 32. Costa Rica. Emisiones de CO₂ producidas por cada tecnología (tCO₂) en el año 2012

	Urbana GAM	Urbana Resto del país	Interurbana Corta	Interurbana Media	Interurbana Larga
Autobús representativo	60,25	399,36	32,32	75,22	182,93
Híbrido D-GN	34,97	232,02	33,48	70,25	255,43
Gas natural	9,69	64,69	34,64	65,28	327,93
Híbrida diesel-LPG	34,14	226,47	30,51	64,65	227,3
Eléctrico	0	0	0	0	0

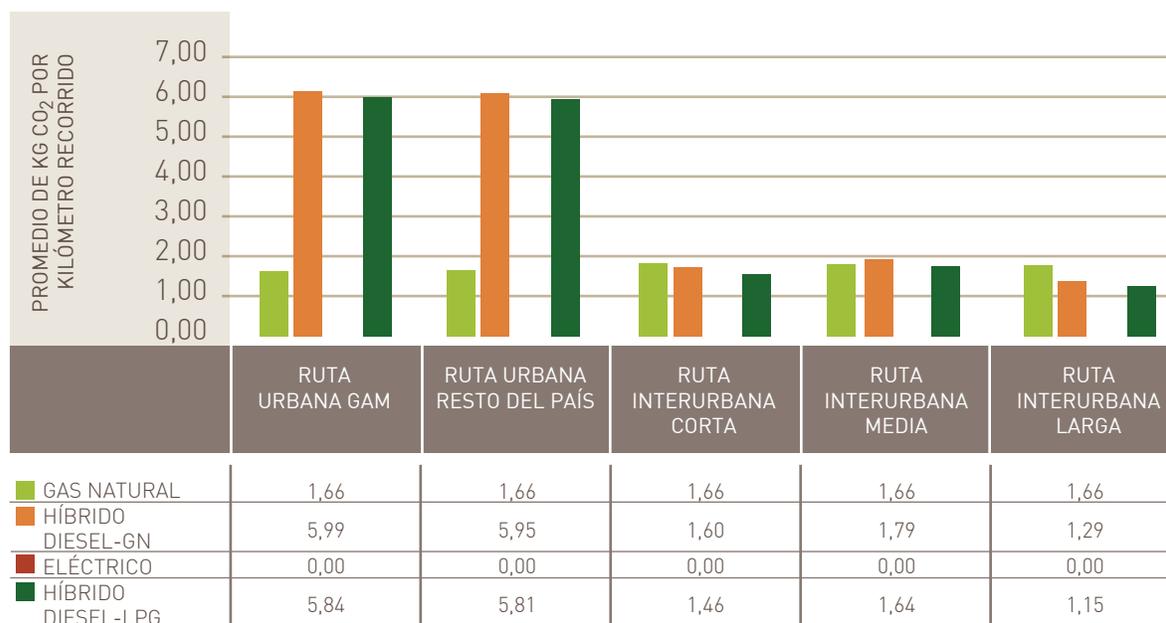
Fuente: IMN2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data).

En el caso de las rutas interurbana corta e interurbana media, la tecnología más efectiva es la híbrida diesel-LPG; puesto que es la que menor número de emisiones producidas registra en ellas.

Habiendo aclarado lo anterior, se calcularon las emisiones por kilómetro recorrido a través de la división de las emisiones anuales generadas por cada alternativa entre los kilómetros anuales indicados en la tabla 30. Los resultados obtenidos registraron que con el autobús eléctrico las emisiones serían nulas; mientras que, como segunda opción, el bus a gas natural muestra las menores emisiones en las rutas urbana GAM y urbana Resto del país, alcanzando un promedio de 1,66Kg CO₂/Km en cada una de ellas.

Entre tanto, el híbrida diesel-LPG resultó ser la tecnología con menores emisiones por kilómetro en las distintas rutas interurbanas (ver gráfico 44).

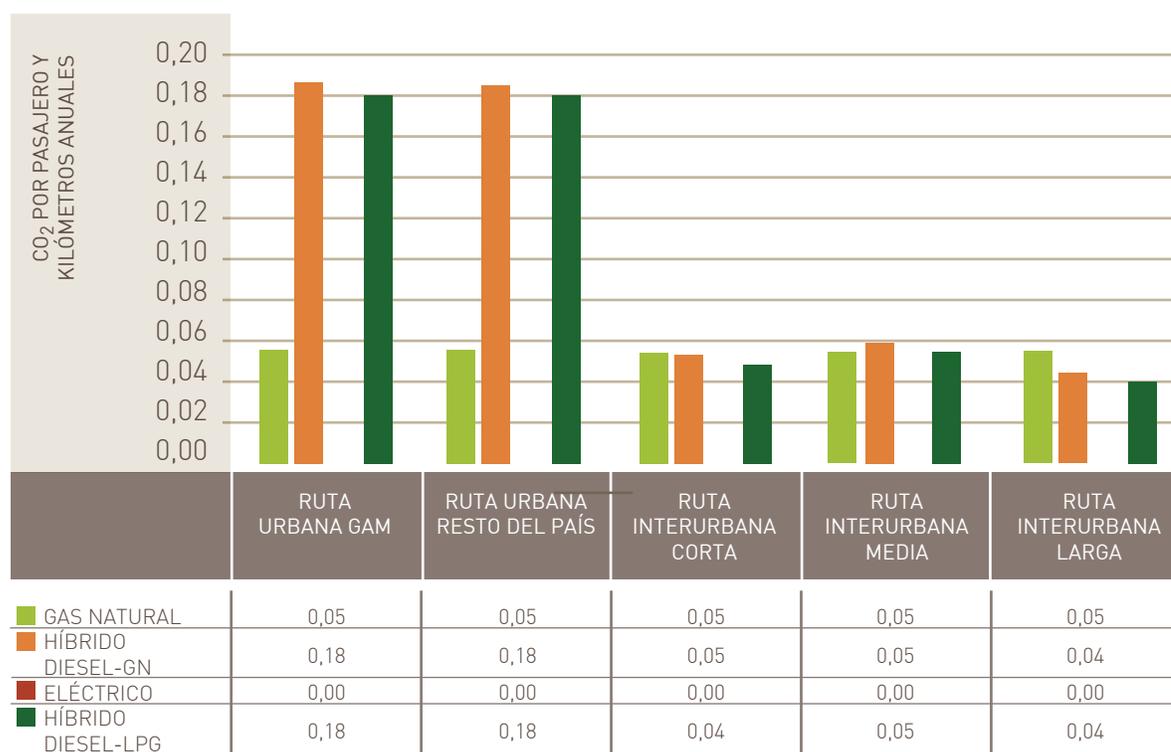
Gráfico 44. Promedio de emisiones de dióxido de carbono por kilómetro recorrido por autobús para cada tecnología alternativa, en las distintas rutas del país en el año 2012



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Posteriormente, como resultado de la división de las emisiones promedio de CO₂ por kilómetro entre los 32,8 pasajeros de un autobús, se calcularon las emisiones de CO₂ por pasajero y kilómetro para cada alternativa evaluada en las rutas y con ello se obtuvo que las alternativas híbridas registran el mayor número de emisiones en las rutas urbana GAM y urbana Resto del país. Mientras que, en el caso de la ruta interurbana corta, el gas natural y el híbrido diesel-gas natural registraron el valor más alto con 0,05Kg CO₂/pKm en ambas. En cuanto a la interurbana larga, el gas natural terminó mostrando el mayor número de emisiones de CO₂ por pasajero y kilómetro.

Gráfico 45. Emisiones de CO₂ por pasajero y kilómetro por autobús para cada tecnología, en las distintas rutas del país en el año 2012

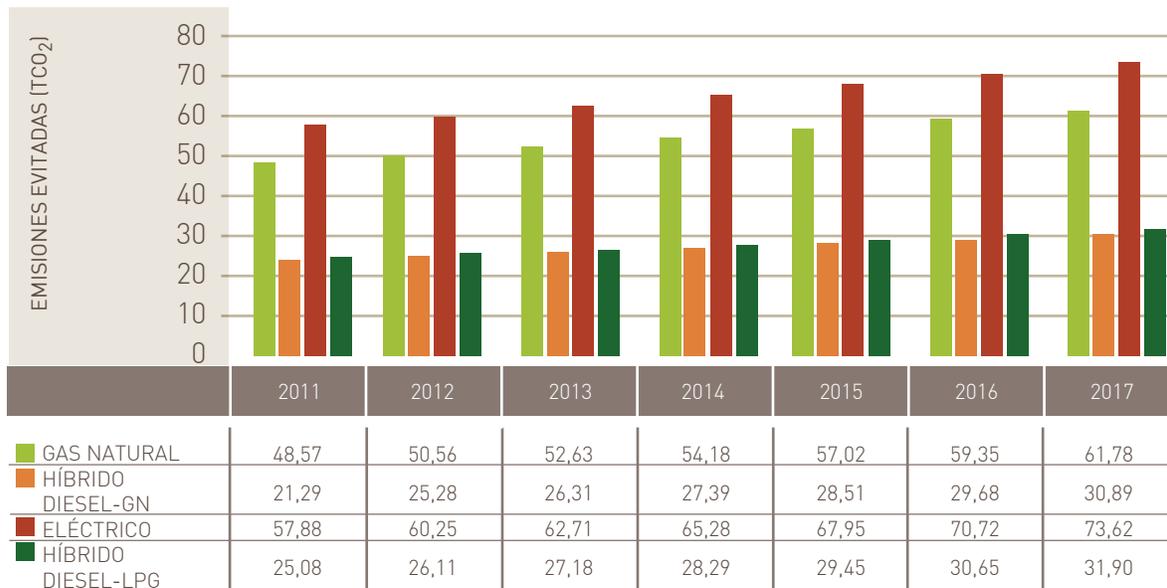


Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

8.3 RESULTADOS: CURVA DE COSTOS DE ABATIMIENTO POR AUTOBÚS

El primer paso **para cuantificar la curva de abatimiento es el cálculo de las emisiones evitadas por tecnología y este se obtuvo de la diferencia de las emisiones que resultaron en la línea base para el vehículo representativo y las emisiones generadas por cada alternativa estudiada.**

Gráfico 46. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta urbana GAM. Período 2011-2017

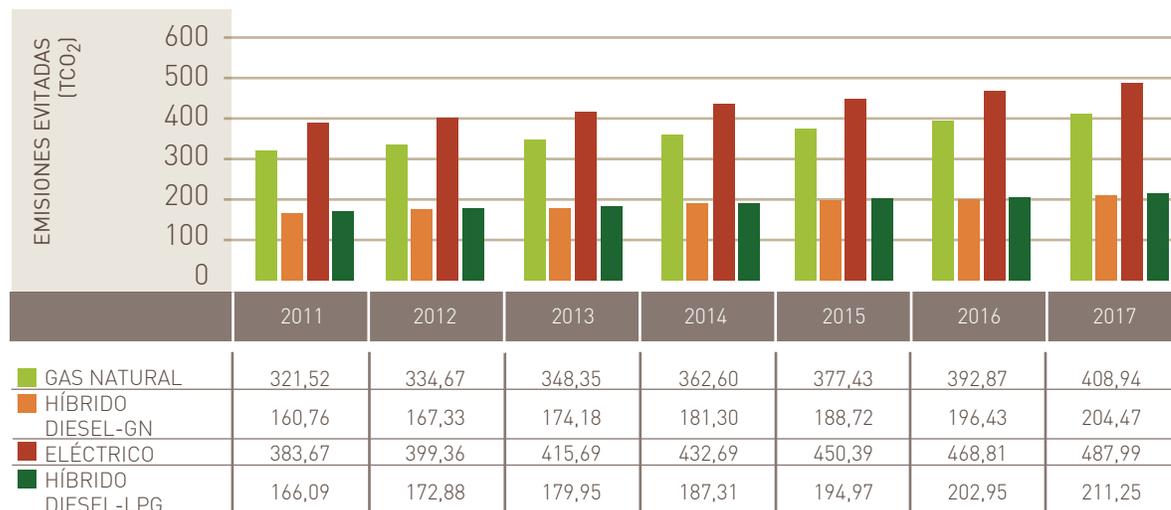


Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Para la ruta urbana GAM se obtuvo que las tecnologías que contribuirían en mayor cuantía a la reducción de emisiones son la eléctrica y la de gas natural con 60,25 y 50,56 toneladas de CO₂ respectivamente en el 2012; mientras que las que resultarían menos efectivas para el período 2012-2017 serían las híbridas.

Por su parte, sin mucha diferencia significativa respecto a lo observado en la ruta urbana GAM, en la urbana resto del país las alternativas tecnológicas que más evitarían emisiones serían la eléctrica y la impulsada por gas natural con 399,36 y 334,67 toneladas de dióxido de carbono respectivamente para el 2012. (ver gráfico 47)

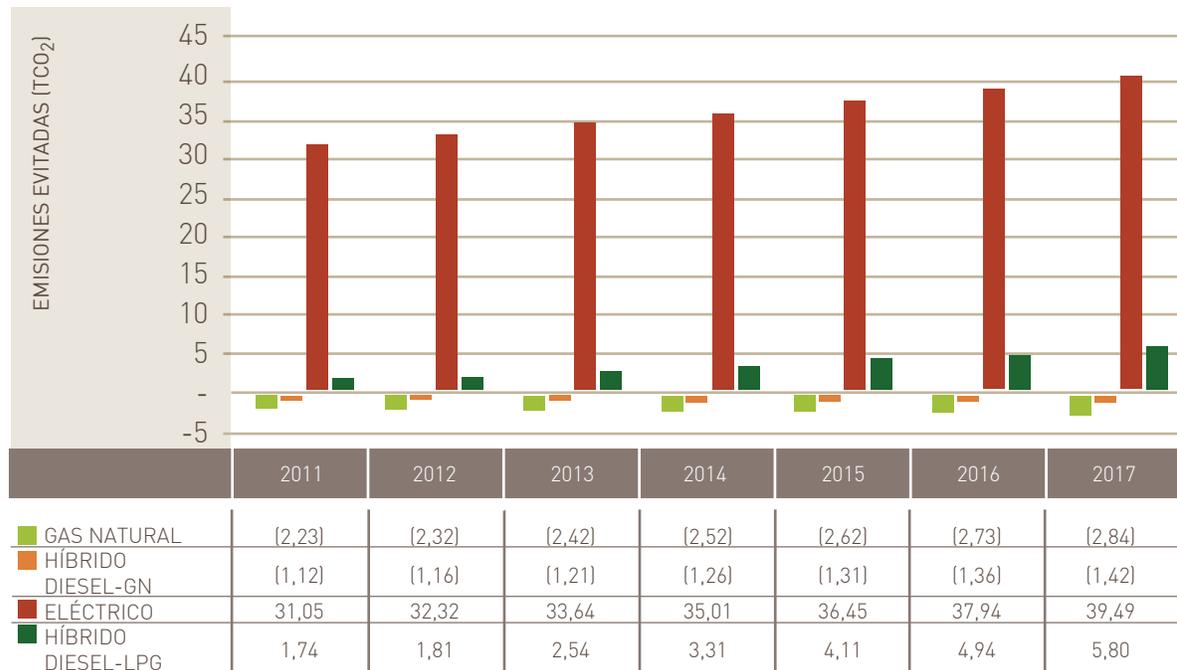
Gráfico 47. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta urbana resto del país. Período 2011-2017



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

El comportamiento en la ruta interurbana corta difiere de los anteriores; puesto que en esta ruta las tecnologías de gas natural e híbrida diesel-gas natural generan más toneladas de dióxido de carbono que las que genera la tecnología actual; alcanzando valores de exceso de 2,3 tCO₂ y 1,2 tCO₂ para el año 2012. En ese sentido, el autobús eléctrico y el híbrido diesel-LPG serían las únicas modalidades que contribuirían a la reducción de emisiones en la ruta interurbana corta (ver gráfico48).

Gráfico 48. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta interurbana corta. Período 2011-2017



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Por otro lado, en la ruta interurbana media, la tecnología eléctrica y la híbrida diesel-LPG son las que reducirían las emisiones de CO₂ en mayor cuantía, debido a que en el 2012 muestran un total de 75,2 y 10,57 toneladas evitadas respectivamente.

En este caso, las tecnologías híbrida diesel-gas natural y gas natural quedaron rezagadas; rescatando que la de gas natural tendría una mayor efectividad que la híbrida diesel-gas natural (ver gráfico 49).

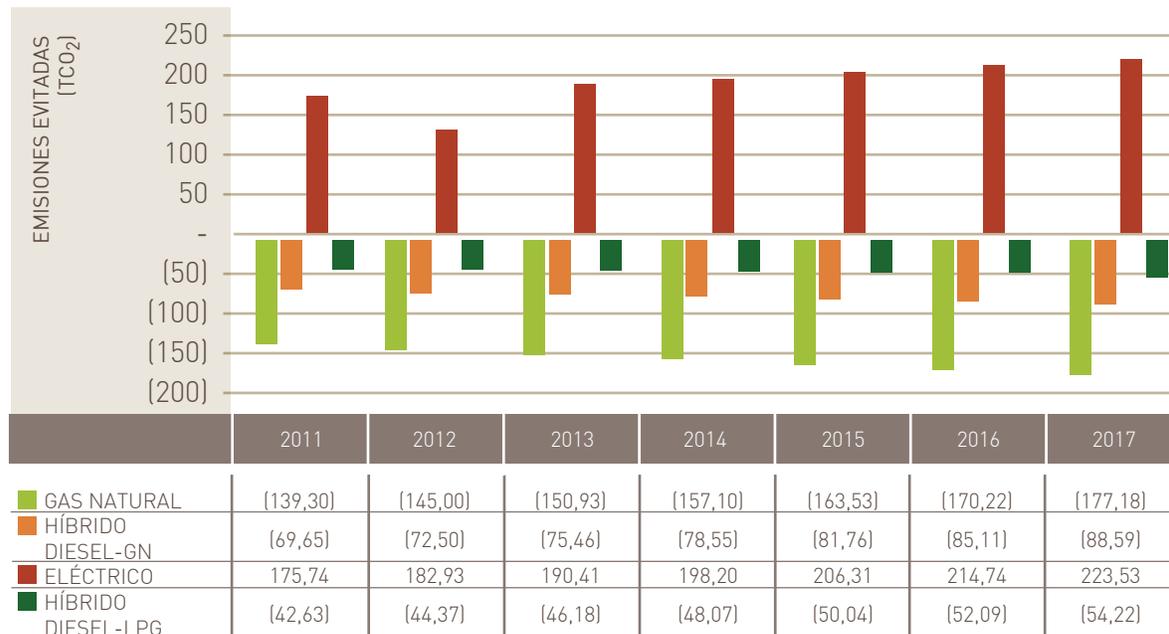
Gráfico 49. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta interurbana media. Período 2011-2017



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

En el gráfico 50 se observa un panorama muy parecido al de la ruta interurbana corta, con la salvedad de que la única tecnología efectiva sería la eléctrica, gracias a que permitiría evitar la totalidad de las emisiones. Esto se debe a que, tanto la tecnología de gas natural como las híbridas generarían más emisiones que las que produce el autobús representativo de la situación actual.

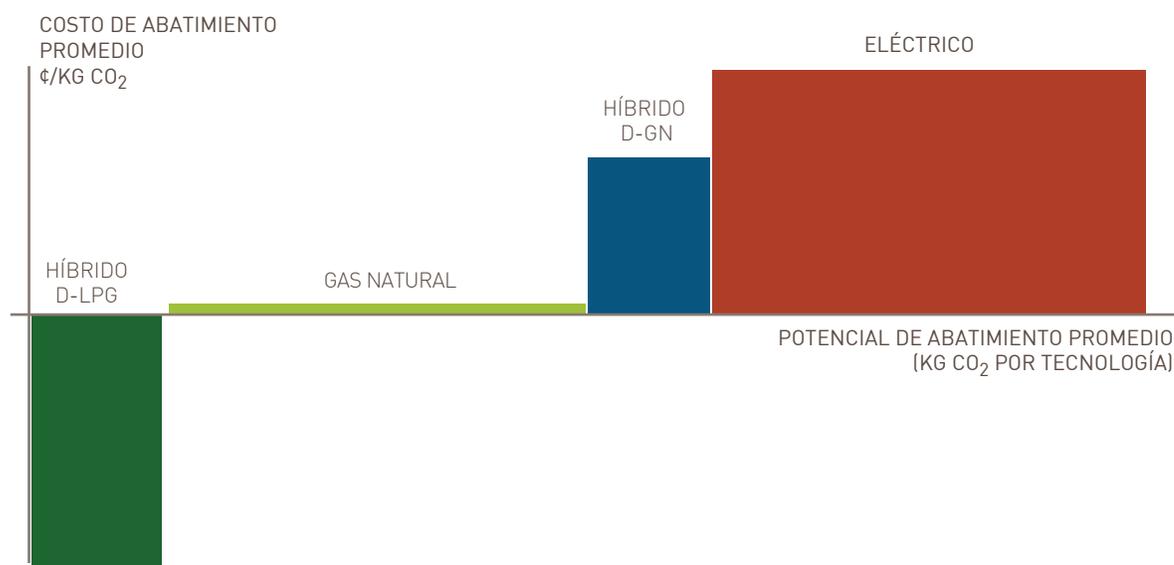
Gráfico 50. Costa Rica. Emisiones evitadas en tCO₂ por autobús al año según tecnología, para la ruta interurbana larga. Período 2011-2017



Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

El segundo paso es el cálculo del costo promedio anual de abatimiento para cada tecnología y dicho costo se obtuvo a partir de la diferencia entre el valor actual neto promedio registrado en el modelo financiero del vehículo representativo y el valor actual neto promedio obtenido en el modelo financiero de cada alternativa tecnológica. Posterior al cálculo de la diferencia entre VAN, se dividió cada diferencia entre las emisiones promedio evitadas de CO₂ por parte de cada tecnología para así obtener el costo de abatimiento.

Gráfico 51. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta urbana GAM. Período 2011-2017



TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (¢/KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
■ HÍBRIDO DIESEL-LPG	28,381	(¢372)	(\$744,78)
■ GAS NATURAL	54,955	¢7	\$13,77
■ HÍBRIDO DIESEL-GN	27,477	¢204	\$408,44
■ ELÉCTRICO	65,485	¢334	\$668,42

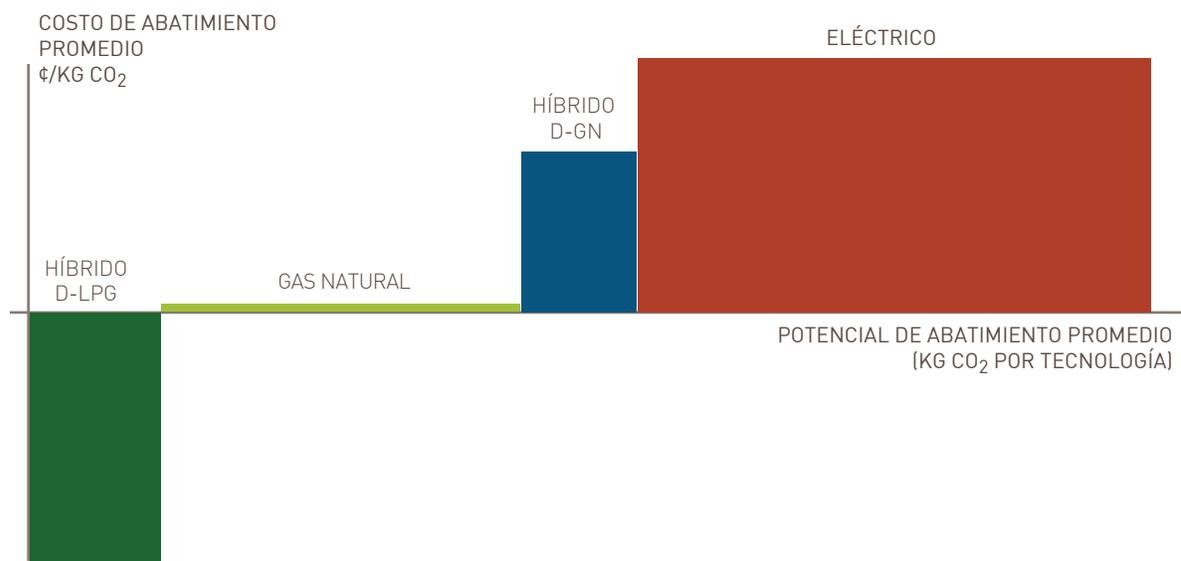
Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

En los resultados obtenidos para la ruta urbana se encontró que la tecnología más atractiva sería la de gas natural. Ello se debe a que su costo promedio sobrepasa levemente la inversión equivalente que está realizando el empresario actualmente pero, además de eso, alcanza a evitar un promedio de 54,955 kilogramos de dióxido de carbono. Con el bus eléctrico se evitaría la totalidad de las emisiones; pero su costo promedio de abatimiento es el mayor de las cuatro alternativas evaluadas (¢334).

Por otro lado, para la ruta urbana resto del país, el gráfico 52 muestra que los números cambian pero no el orden en que se ubica la efectividad de las tecnologías. **La alternativa más efectiva sería la eléctrica porque evitaría todas las emisiones que se están presentando; sin embargo su costo promedio de reducción de una tonelada de dióxido de carbono continúa siendo el más alto, destacándose que es menor que el de la ruta urbana GAM.**

La segunda mejor opción es la de gas natural, con un costo de abatimiento promedio de ₡1,04/Kg CO₂ y con un potencial de abatimiento del 84% de las emisiones de dióxido de carbono que está provocando la tecnología actual.

Gráfico 52. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta urbana, resto del país. Período 2011-2017

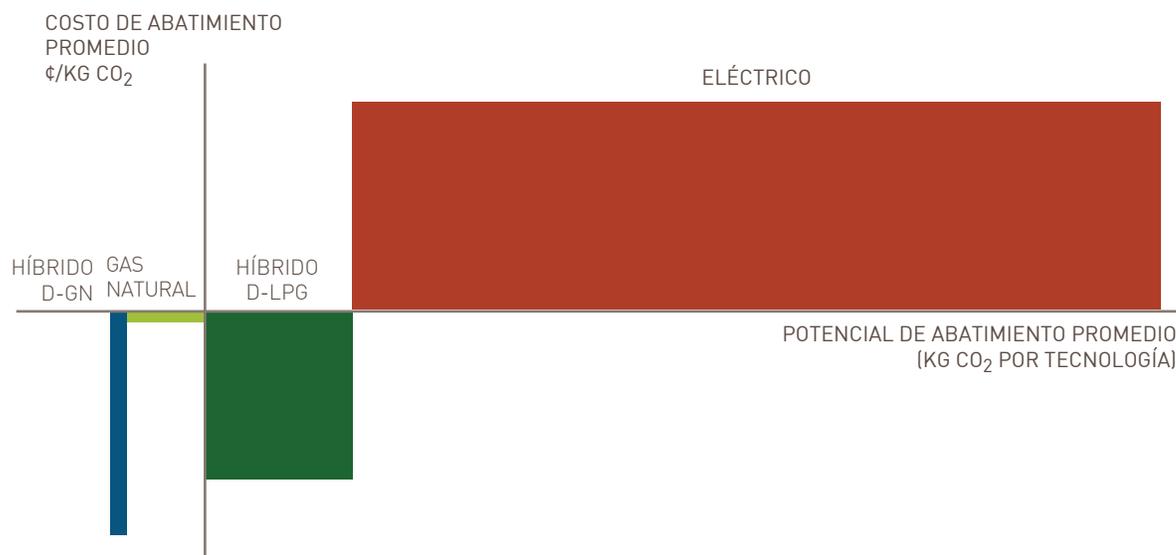


TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (₡/KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
■ HÍBRIDO D-LPG	187,916	(₡56,24)	(\$112,48)
■ GAS NATURAL	363,769	₡1,04	\$2,07
■ HÍBRIDO D-GN	181,884	₡30,85	\$61,70
■ ELÉCTRICO	434,085	₡50,42	\$100,84

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

En el caso de la ruta interurbana corta, el gráfico 53 demuestra que las tecnologías híbrido diesel-gas natural y gas natural no son efectivas para lograr el objetivo que se pretende; puesto que, a pesar de que la inversión que se realizaría no sobrepasaría la inversión actual, generarían más emisiones de dióxido de carbono que las que están siendo generadas por la tecnología existente actualmente.

Gráfico 53. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta interurbana corta. Período 2011-2017

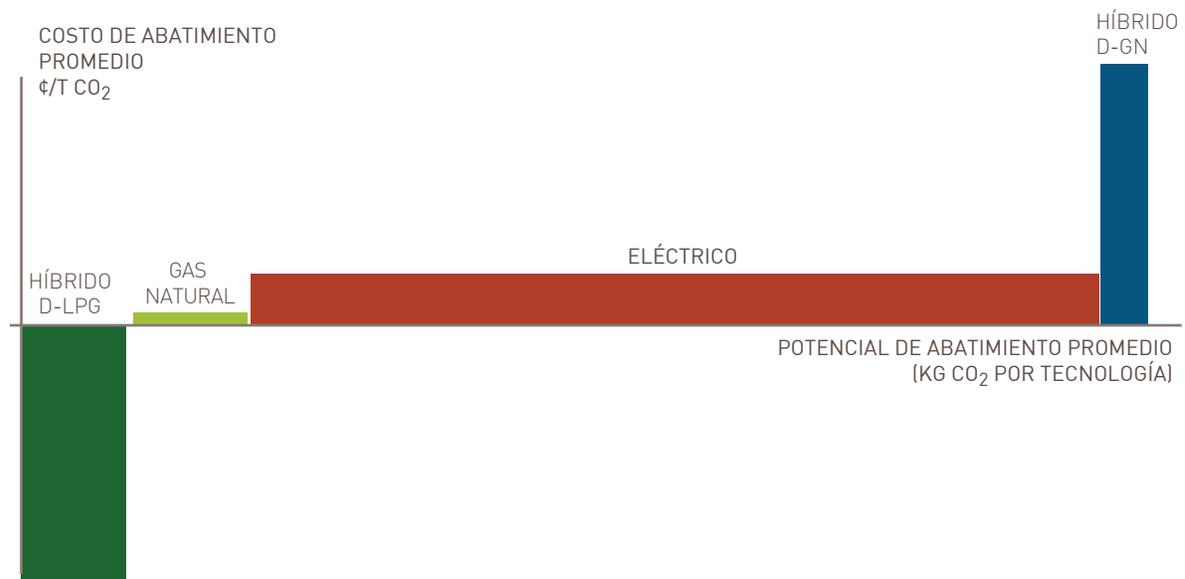


TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (€/KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
HÍBRIDO D-GN	1 262,39	(€5 012,24)	(\$10 024,49)
HÍBRIDO D-LPG	3 463,28	(€3 947,26)	(\$7 894,52)
GAS NATURAL	2 524,78	(€432,98)	(\$865,96)
ELÉCTRICO	35 127,59	€643,42	\$1 286,84

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Para la ruta interurbana media se obtuvo que la tecnología híbrida diesel-LPG desplazaría a la de gas natural como la opción más atractiva en términos de emisiones promedio evitadas y costo promedio de abatimiento, debido a que la de gas natural presentó un potencial de abatimiento promedio de 10,806Kg CO₂ y un costo de abatimiento promedio de €101,16/Kg CO₂; mientras que la híbrida diesel-LPG mostró un potencial de abatimiento de 11 489,65Kg CO₂ y un costo de abatimiento de (€857,52)/Kg CO₂.

Gráfico 54. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta interurbana media. Período 2011-2017

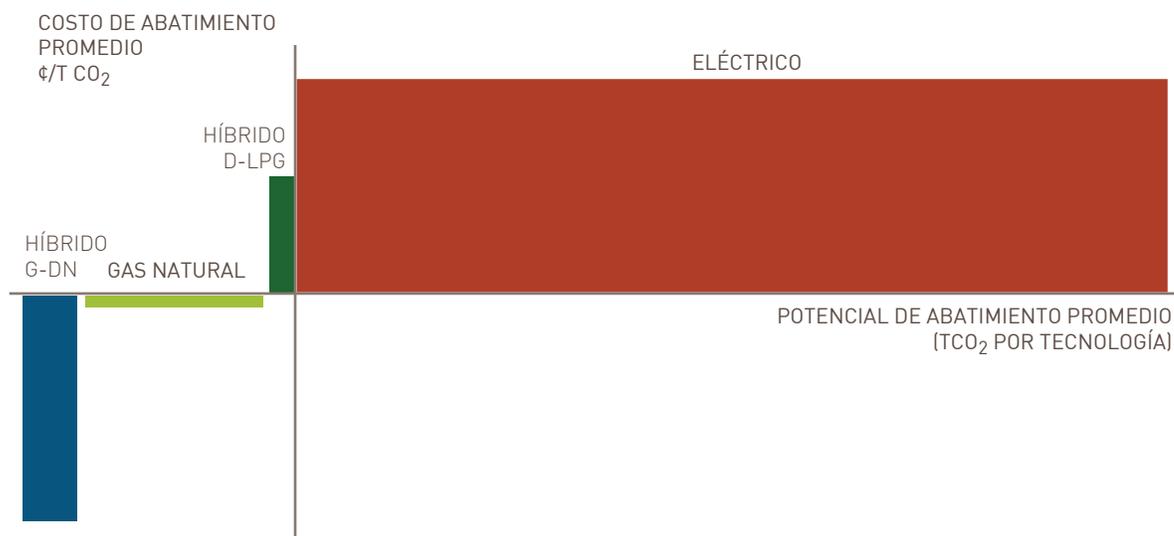


TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (T CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (¢/T CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
HÍBRIDO D-LPG	11 489,65	(¢857,52)	(\$1 715,05)
GAS NATURAL	10 805,92	¢101,16	\$202,33
ELÉCTRICO	81 762,29	¢276,43	\$552,87
HÍBRIDO D-GN	5 402,96	¢1 171,10	\$2 342,20

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Finalmente, la curva de abatimiento de la ruta interurbana larga arrojó un resultado distinto respecto a las demás rutas, dado que se obtuvo que las tecnologías híbridas y la de gas natural son menos eficientes que la tecnología existente en el mercado; puesto que acaban generando más emisiones en lugar de evitarlas. El autobús eléctrico sería la única opción, de las cuatro analizadas, que contribuiría a la reducción de emisiones; pero ello se lograría mediante la cobertura de un costo de abatimiento de ¢144,06/Kg CO₂.

Gráfico 55. Costa Rica. Curva de costos de abatimiento promedio por autobús en colones, para la ruta interurbana larga. Período 2011-2017

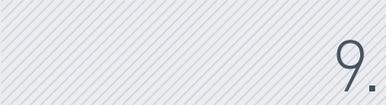


TECNOLOGÍA	POTENCIAL DE ABATIMIENTO PROMEDIO 2012-2017 (TCO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (¢/KG CO ₂)	COSTO ABATIMIENTO PROMEDIO (\$/T CO ₂)
■ HÍBRIDO D-GN	(78 804,09)	(¢156,98)	(\$313,96)
■ GAS NATURAL	(157 608,18)	(¢45,28)	(\$90,56)
■ HÍBRIDO D-LPG	(48 228,03)	¢78,98	\$157,97
■ ELÉCTRICO	198 836,75	¢144,06	\$288,13

Fuente: IMN 2012, Environment Canada, National Inventory Report, 1990-2009: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada (2011) Annex 8: Emission Factors, Table A8-11 (2009 data), Manuales de los vehículos representativos de cada tecnología, CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Estaciones de servicio y chatarrización





9. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO ESTACIÓN DE SERVICIO MÚLTIPLE

Es claro que el desarrollo de nuevos combustibles y alternativas al transporte existente con combustibles fósiles requiere de una nueva forma de organizar y de trabajar en materia de estaciones de servicio, así como de nuevas alternativas o empresas que permitan convertir la flotilla antigua en chatarra. Ambos temas al lado de la formación y capacitación técnica se convierten en puntos clave para una estrategia de reconversión al transporte más verde.

Siguiendo el modelo actual de estaciones de servicio en manos del sector privado, desarrollando integración vertical de las industrias o empresas distribuidoras de energía en sus distintas localidades de cobertura o licitando nuevos permisos o áreas para los nuevos combustibles, las estaciones de servicio deberían convertirse en un modelo abierto donde se venden servicios para distintas opciones tecnológicas. En todos los casos se requiere de información precisa de costos locales y de las condiciones tecnológicas y de infraestructura para proveer estos servicios ampliados o nuevos servicios asociados a las estaciones de servicio del futuro.

En este momento existe una experiencia piloto guiada desde el Departamento de Investigación y Desarrollo de RECOPE, donde se pretende llevar un modelo inicial de estación de servicio ampliada. Sin embargo, lo importante de destacar es que se requerirá de incentivos en precio, tarifas y voluntad para ampliar y generar estos nuevos negocios paralelos al sistema de transporte verde.

Dado que no se cuenta con información suficiente para estas nuevas alternativas, el presente estudio se ha planteado únicamente la referencia actual de cambiar una estación de combustibles como si fuese una renovación por la tecnología existente. Este tema no debe ser un obstáculo para el desarrollo de un modelo de Estación de Servicios ampliado, simplemente debe contemplar una ampliación del área, normas de seguridad y lo referente a la tecnología de proceso y de abastecimiento del combustible alternativo. En este tipo de negocios lo importante es que el Estado defina una reglamentación clara, MINAE y ARESEP deberían juntarse para diseñar el nuevo esquema reglamentario, estableciendo los parámetros para el establecimiento de estos nuevos negocios privados.

A. Inversión inicial, costo directo e indirecto

Tabla 33. Especificaciones de la estación de servicio múltiple. Año 2012

A.1 Inversión inicial la estación de servicio múltiple	¢617 474 241
A.1.2 Precio del terreno	¢243 317 634
A.1.3 Edificaciones	¢328 222 602
A.1.4 Maquinaria	¢30 484 005
A.1.5 Estación de Servicio Eléctrico	¢15 450 000

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP y entrevistas realizadas, 2012

En este tema de estaciones de servicio se debería contemplar un esquema de ordenamiento sectorial en la capital y el área metropolitana. Las nuevas edificaciones y complejos multifamiliares deberían tener incluido en su diseño los planos de una estación multi-servicio de igual forma que las troncales de autobuses podrían al mismo tiempo diseñar espacios para este tipo de estaciones.

B. Estructura de costos estación de servicio

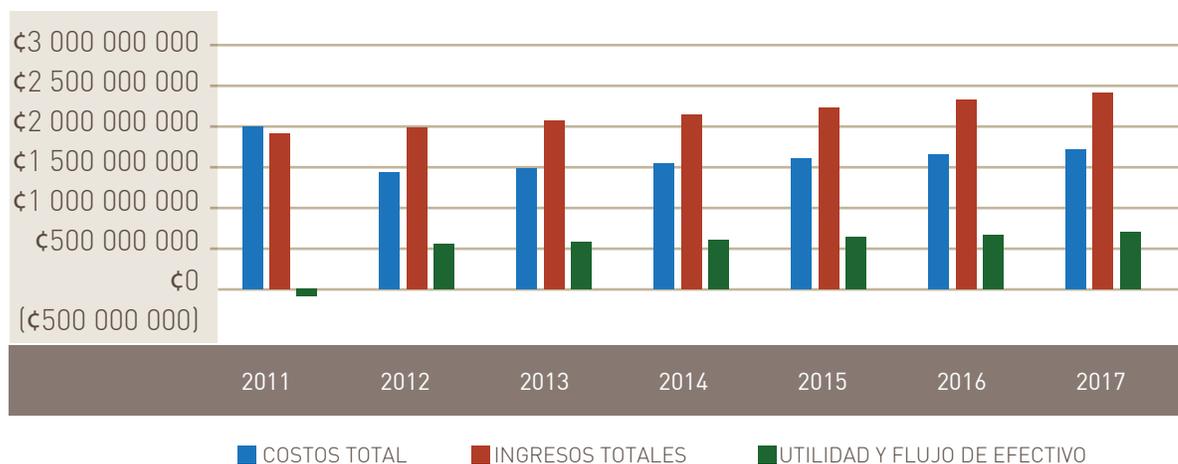
Tabla 34. Costos de la estación de servicio múltiple. Año 2012

Costos				
	Precio combustible	Litros	Costo anual	Costo total
Costos Directos			¢1 166 797	
Compras de gasolina regular netas de pérdidas por evaporación	¢654	1 651 619	¢648 024 564	¢648 024 564
Compras de gasolina super netas de pérdidas por evaporación	¢675	1 083 085	¢438 602 935	¢438 602 935
Mobiliario y otros			¢5 419 531	¢5 419 531
Canon ARESEP			¢43 813	¢43 813
Canon calidad			¢1 950 283	¢1 950 283
Salarios operativos			¢35 119 058	¢35 119 058
Limpieza de tanques y pasta reveladora de agua			¢192 500	¢192 500
Servicio de vigilancia			¢19 084 704	¢19 084 704
Otros gastos de venta			¢2 309 398	¢2 309 398
Cargas sociales			¢15 965 124	¢15 965 124
Certificación de surtidores			¢85 000	¢85 000
Costos indirectos			¢113 132 860	
Salarios administrativos			¢16 427 514	¢16 427 514
Energía eléctrica			¢4 476 933	¢4 476 933
Agua			¢1 507 707	¢1 507 707
Teléfono			¢1 484 613	¢1 484 613
Seguros			¢2 543 637	¢2 543 637
Suscripciones			¢7 467 948	¢7 467 948
Papelería y útiles de oficina			¢2 019 074	¢2 019 074
Honorarios profesionales			¢1 319 656	¢1 319 656
Mantenimiento de edificio y mobiliario de oficinas			¢8 277 543	¢8 277 543
Uniformes			¢1 306 460	¢1 306 460
Mantenimiento de maquinaria			¢7 746 382	¢7 746 382
Depreciación de edificio			¢5 897 539	¢5 897 539
Depreciación de maquinaria			¢3 048 401	¢3 048 401
Depreciación de mobiliario			¢241 814	¢241 814
Depreciación de herramientas			¢25 087	¢25 087
Depreciación de equipo de seguridad			¢110 662	¢110 662
Depreciación de vehículo			¢112 538	¢112 538
Depreciación aforador volumétrico			¢46 895	¢46 895
Patentes e impuesto			¢2 843 859	¢2 843 859
Otros gastos			¢2 309 398	¢2 309 398
Gastos por comisiones			¢7 988 634	¢7 988 634
Pérdidas por evaporación			¢7 244 183	¢7 244 183
Impuesto sobre los ingresos			¢28 686 381	¢28 686 381

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Todos los costos relevantes a la prestación del servicio son reconocidos en la tarifa o margen de ARESEP. Lo importante es que se trata de un nuevo diseño y se debería garantizar la existencia de este modelo de estación alterno. Los nuevos permisos de funcionamiento en materia de estaciones de servicio deberían ampliar las normas de espacio al menos a uno de los nuevos combustibles o fuentes de poder de los vehículos verdes.

Gráfico 56. Costa Rica. Flujo neto efectivo estación de servicio múltiple. Período 2011-2017



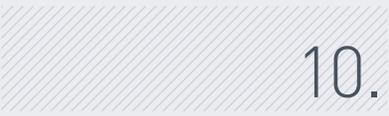
Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Tabla 35. Valor actual neto y tasa interna de retorno para las estaciones de servicio. Período 2011-2017

VAN	₡3 400 627 699
TIR	685%

Fuente: CINPE con Modelo ARESEP, 2012

Es claro que se si contara con la oferta de combustibles por parte de RECOPE o de nuevas opciones como las tarifas eléctricas para el sector transporte, se podría generar un nuevo espacio para negocios que definitivamente vendrían a reducir la huella ambiental.



10. CHATARRIZACIÓN COMO ESTRATEGIA DE BAJAR EMISIONES

Cambiar de una flotilla obsoleta a una nueva per sé garantiza una reducción neta positiva de emisiones. Claro, si se logra reducir el ciclo de vida de los autos a períodos de 20 años por ejemplo, las ganancias netas de este ciclo serían mayores, en momentos donde casi todas las marcas de vehículos nuevos presentan una mayor eficiencia y por lo tanto, una ganancia neta de emisiones por kilómetro recorrido. Cuando un programa de chatarrización va paralelo a la sustitución de una flotilla de autobuses o de taxis, la ganancia neta puede incrementarse, dado que estos vehículos trabajan a una intensidad mayor, por lo que se reducen sus ciclos de vida. La posibilidad de reciclar vehículos de 10 a 15 años de edad es sustantiva.

En varios países a escala mundial se están ejecutando programas para renovar sus parques automotores. En Ecuador, México, Chile y Perú se están llevando a cabo de forma exitosa programas de renovación del transporte público con la activa participación de entes públicos y privados. Estos programas buscan, a través del rejuvenecimiento del parque automotor, obtener resultados positivos en consumo de combustible y una consecuente reducción de entrega de subsidios a los combustibles por parte del Estado, reciclaje de vehículos viejos, reubicación de vehículos de medio uso en ciudades de menor tamaño y la utilización del mercado de valores para evitar que ciertos entes puedan abusar de asimetrías en la información para obtener beneficios que no les corresponden. También busca la obtención de resultados indirectos en protección ambiental, seguridad vial, y mejora de la salud pública (ver tabla 36).

En Costa Rica la ley en taxis y autobuses establece que los vehículos de transporte público bajo esta modalidad no deben de tener más de 15 años, en tanto sirvan como parte del servicio; pero pueden ser vendidos y reutilizados en la parte privada. El tema sustantivo de interés es que la tarifa ya ha reconocido la cantidad asociada a la reposición de la unidad, lamentablemente muchas veces los concesionarios no generan esquemas de ahorro que garanticen que parte de sus ingresos se vayan a abonar la depreciación de sus unidades de servicio y que puedan cambiar al finalizar la vida útil. Este tema se vuelve particularmente difícil en los empresarios informales o en micro-empresarios que no cuentan tampoco con garantías para acceder al crédito, que sería la forma alternativa para resolver este problema de orden financiero.

Si la chatarrización genera algunos recursos para por ejemplo garantizar la prima de la nueva inversión, podríamos pensar en unos 2 000 dólares por ejemplo por unidad, sería relativamente fácil conseguir que un concesionario de vehículos pueda convertirse en el puente para el establecimiento de una empresa chatarrera. Parte del secreto sería que el concesionario se haga cargo de completar el ciclo de vida de los productos que distribuye, pagando una parte del costo de la chatarrización y asegurando al mismo tiempo que sus vehículos completan el ciclo de vida ambiental de una forma sustentable para el ecosistema.

En términos generales un programa de este tipo debe comprender la chatarrización de las unidades que han cumplido su vida útil. El proceso se debería realizar a través de la certificación por parte de un ente operativo-técnico que debería estar dentro del Consejo de Transporte Público, que se encargará de la verificación de las condiciones técnicas para que un vehículo sea chatarrizado adecuadamente y de evaluar, que el mismo preste un servicio de transporte público legalmente constituido. Para el caso de los autobuses no deberían existir períodos tarifarios distintos a los períodos de concesión y debería garantizarse que la sustitución de vehículos se realice cambiando la unidad y no necesariamente las partes o autopartes de la misma. El permiso alternativo de servicios privados no debería aceptar que un autobús refaccionado sea utilizado en el sector privado, dado que podría significar una pérdida neta en materia ambiental y seguramente también en la seguridad de los usuarios.

La experiencia de los países en América Latina puede servir como marco de referencia para el establecimiento de una industria de chatarrización en Costa Rica. La renovación de los parques automotores se ha dado a través de programas donde participan entes públicos y privados. En Ecuador

se está llevando a cabo de forma exitosa el programa Renova. En el caso de Chile existe un programa llamado Renueva tu Micro. Estos programas buscan a través del rejuvenecimiento del parque automotor, obtener resultados positivos en consumo de combustible y una consecuente reducción de entrega de subsidios a los combustibles por parte del Estado, reciclaje de vehículos viejos, reubicación de vehículos de medio uso en ciudades de menor tamaño y la utilización del mercado de valores para evitar que ciertos entes puedan abusar de asimetrías en la información para obtener beneficios que no les corresponden. También busca la obtención de resultados indirectos en protección ambiental, seguridad vial, y mejora de la salud pública (Alide, 2011).

Como parte de las lecciones aprendidas de los diferentes programas que se han implementado en los países de América Latina para la industria de la chatarrización es que es una industria altamente competitiva y que genera grandes beneficios económicos y ambientales, además se estimula el potencial de la industria de producción nacional (carroceros y autopartistas), puesto que los vehículos renovados pueden ser de producción nacional, y se ofertará así al sector transportista productos nacionales a precios y en condiciones competitivas.

A continuación se presenta un análisis comparativo de los programas implementados de la chatarrización por parte de países de América Latina. Se destaca el tipo de alcance bajo la modalidad público-privado en que han operado, se analiza cuales son las lecciones aprendidas que para el caso de Costa Rica podría guiar su puesta en marcha como parte de este proyecto .

Tabla 36. Cuadro comparativo de la industria de chatarrización y buenas prácticas en los países de América Latina

	Chile	México	Perú	Ecuador
Tipo o alcance de programa	Público	Gobierno Federal	Municipalidad Metropolitana de Lima	Público-Privado
Quien lo administra	Programa ejecutado por los Gobiernos Regionales (GOREs) y coordinado por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.			Comisión Nacional de Transporte Terrestre y Seguridad Vial (CNTTTSV)
Objetivo del programa	El Programa de Renovación de Buses permitir a los dueños de buses cambiar sus máquinas por otras más nuevas para así: <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la calidad de servicio. - Aumentar la seguridad para pasajeros y conductores. - Disminuir contaminación. 			Reducir la contaminación ambiental. Racionalizar el subsidio de los combustibles. Mejorar la competitividad de la industria automotriz nacional así como la eficiencia en la prestación del servicio de transporte urbano, intraprovincial, interprovincial e internacional de personas y mercancías por vía terrestre.
Año de Inicio del programa	2011	2003	2008	2007

Normativa	Decreto Supremo N 44. Programa especial de Renovación de buses, minibuses, trolebuses y Axi buses. Enero 2011.	Decreto de Modernización (DOF).	Plan de Chatarrización Vehicular para los vehículos de transporte público urbano.	Decreto Ejecutivo 1145 del 18 de junio del 2008. Programa de reducción de la contaminación Ambiental, racionalización del subsidio de combustible del transporte Público y su Chatarrización.
Pagos por unidad (en US\$)	<p>De 12-18 años US\$8 157 (1USD=12,87).</p> <p>A los montos previamente indicados deberá sumarse un incentivo adicional por cambio de tecnología de US\$5 808, en caso que el vehículo entrante funcione con tecnologías más eficientes y menos contaminantes, tales como vehículos con propulsión a gas, electricidad, híbrida, o diesel de estándar Euro IV o superior, entre otras.</p>	<p>Tractocamiones tipo quinta rueda USD12,186.</p> <p>Camiones unitarios de 3 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 14,500Kg US\$7 796.</p> <p>Camiones unitarios de 2 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 11,794Kg USD5 222.</p> <p>Camiones unitarios de 2 ejes con peso bruto vehicular mínimo de 11,794Kg US\$10 445.</p> <p>Autobuses convencionales con capacidad de más de 30 asientos de fabrica US\$6 055.</p> <p>Plataforma o Chasis para autobuses integrales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos US\$6 282.</p> <p>Plataforma o Chasis para autobuses convencionales a los que se les pueda instalar más de 30 asientos US\$3 633.</p>	Entre \$1 000 y \$3 000.	<p>Bono US \$200</p> <p>Vehículo liviano</p> <p>Más de 30 años US\$3 527,00. De 25 a 29 US\$3 206,00. De 20 a 24 US\$2 915. De 15 a 19 US\$2 650,00. De 10 a 14 US\$2 409,00.</p> <p>Vehículo pesado</p> <p>Más de 30 US\$12 755,00. De 25 a 29 US\$11 596,00. De 20 a 24 US\$10 542,00. De 15 a 19 US\$9 583,00. De 10 a 14 US\$8 712,00.</p>

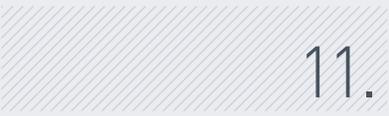
<p>Características del programa y vehículos</p>	<p>Los Gobiernos Regionales que implementen el Programa contarán con la colaboración y asesoría del Ministerio para efectos de velar porque los vehículos que deban ser destruidos permanezcan en los puntos de recepción, chatarrización o centros de acopio. Estos deberán estar debidamente clasificados e inutilizados para su desplazamiento, no pudiendo, bajo ninguna circunstancia, ser empleados para efectuar servicios de transporte de pasajeros, asegurando su chatarrización en un plazo máximo de seis meses, contados desde la fecha de recepción de los mismos.</p> <p>La postulación al Programa estará dividida en dos etapas. En la primera de ellas, el postulante presentará su postulación al Gobierno Regional correspondiente a la región en la que presta servicios el vehículo saliente, acompañando los antecedentes que acrediten el cumplimiento de los requisitos señalados en el Reglamento.</p> <p>Verificada la conformidad de los antecedentes referidos en el inciso precedente, el Gobierno Regional emitirá un certificado que dé cuenta que el vehículo saliente cumple con tales requisitos y con los criterios de selección aludidos. Adicionalmente, dicho certificado individualizará al postulante y el monto del valor de compra, el que será determinado de conformidad a lo señalado en el artículo 7 de este Reglamento.</p> <p>Este certificado tendrá una vigencia máxima de noventa días corridos contados desde la fecha de su emisión, plazo dentro del cual el postulante deberá formalizar la segunda etapa de su postulación, de acuerdo a lo previsto en el artículo 13 de este Reglamento.</p>	<p>Facilitar la renovación y modernización de la flota de vehículos, mediante un estímulo fiscal consistente en una reducción en los pagos para la adquisición de un vehículo nuevo o semi nuevo. El programa aplica a todos aquellos vehículos, de carga o de pasajeros, que han sido utilizados para el Servicio Público de México a lo menos 12 meses anteriores a la fecha de entrada en vigor del Decreto de Modernización (DOF) y que la unidad tenga 6 o más años de antigüedad.</p>	<p>El objetivo de este plan es racionalizar la sobre oferta vehicular de transporte público urbano de 27 mil unidades a 10 mil unidades para el año 2012. Para esto se formuló una ordenanza para establecer, una reducción progresiva del límite de antigüedad de las unidades de transporte de 35 a 15 años.</p>	<p>El proceso se realiza a través de la certificación por parte de un ente operativo-técnico que en este caso es la Comisión Nacional de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial (CNTTTSV), que se encargará de la verificación de las condiciones técnicas para que un vehículo sea chatarrizado.</p> <p>Una vez verificado este servicio, simultáneamente se concede un bono o subsidio directo del Estado Ecuatoriano, que se encuentra dentro de las cuentas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas y es concedido por la CFN.</p> <p>El segundo componente lo constituye la renovación de la unidad chatarrizada, lo cual se realiza simultáneamente con el primer proceso, puesto que la intención del programa no es interrumpir el servicio y por ende la generación de ingresos. Esta etapa esta bajo la responsabilidad de la Corporación Financiera Nacional, otorgando un crédito en condiciones preferenciales (garantizando la rentabilidad y eficiencia del programa).</p> <p>El tercer componente tiene relación con el mejoramiento del servicio y transporte público que se evidencia en la seguridad de transporte, los beneficios sociales por reducción de contaminación y un beneficio a las cuentas fiscales por la racionalización del subsidio a los combustibles.</p>
--	--	---	--	--

Ventajas	<p>Durante el año 2011, se inició el Programa en 12 regiones del país.</p> <p>Se recibieron, en sólo cuatro meses, 965 postulaciones contemplando un monto total de subsidio de \$5 613 millones.</p> <p>De estas postulaciones ya se han renovado 630 buses (175 buses año 2011 o 2012), que equivalen a \$3 515 millones en subsidio.</p>	<p>Reducir las emisiones de gases efecto invernadero, además de contar con flotas vehiculares más eficientes.</p>	<p>Eliminar oferta pasando de 27 000 unidades a 10 000 para el 2012.</p>	<p>Los resultados logrados hasta la fecha por el programa Renova permiten aseverar que el trabajo conjunto y apoyo entre el sector público y privado es la mejor herramienta para alcanzar objetivos a nivel país.</p> <p>La mejora continua de la operatividad de cada socio estratégico, en base a la experiencia e interacción entre éstos debe ser considerada como un factor de éxito que amerita tener en consideración en caso de replicarse en cualquier país.</p>
Desventajas	<p>El programa es financiado por el gobierno del cual requerirá parte del presupuesto Nacional.</p>	<p>No aplica a todas las categorías vehiculares.</p>	<p>Solo comprende la región ocupada por la Municipalidad Metropolitana de Lima.</p>	<p>Ecuador aun mantiene un subsidio en los combustibles.</p>
Que podemos rescatar para Costa Rica	<p>Es un programa que cuenta con un financiamiento sostenible hasta el 2016, entregando aportes directos a los transportistas que participen de esta iniciativa, permitiéndoles renovar sus máquinas viejas.</p>	<p>Es necesario una renovación de las flotas vehiculares que produzcan altos grados de gases efecto invernadero.</p>	<p>Los sectores urbanos por su alta tasa de circulación en cuanto a transporte público deben ser considerados como estratégicos si se considera adoptar una estrategia de reducción de gases efecto invernadero.</p>	<p>Los efectos positivos generados por el Programa giran alrededor de logros en diversos ámbitos como: la reducción de los niveles de contaminación ambiental (reducción promedio de emisiones anuales equivalentes a 10 465,92 t de CO₂), la disminución del uso de combustibles fósiles, la utilización racionalizada y más eficiente en el uso de subsidios como un mecanismo de incentivo sectorial (ahorro fiscal de US\$17 millones por año) de uso común en economías latinoamericanas.</p> <p>Adicionalmente, el programa contribuye a fomentar proyectos industriales que vayan acorde con el sector transporte, como el de carrocerías, concesionarias y comercio de autopartes. Asimismo, permite reducir los niveles de siniestralidad en el tránsito y contribuir a la bancarización de un sector de la población comúnmente vinculado a fuentes de financiamiento informal.</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de www.chatarrizacion.com.mx [2012], El Resumen Ambiental del Perú 2010, Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones de Chile www.renuevatumicro.cly ALIDE 2011. Buenas prácticas de inclusión y responsabilidad ambiental en la banca de desarrollo. Programa de Renovación del Parque Automotor (RENOVA). Ecuador

Conclusiones y recomendaciones





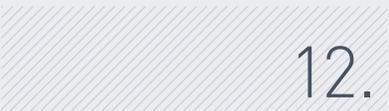
11. CONCLUSIONES

Se hace necesario un cambio en el paradigma tecnológico del sector transporte si queremos avanzar en la reducción de la huella de carbono que pesa sobre este sector. Si bien es cierto el transporte público es una alternativa de mucho mejor eficiencia que las alternativas privadas de utilizar el auto propio cada vez que requerimos trasladarnos de un sitio a otro, es posible encontrar mecanismos para reducir e inclusive eliminar la huella de carbono que pesa sobre este sector.

En este estudio se ha realizado la tarea de identificar la línea base de emisiones del sector de transporte público en la modalidad de taxis y autobuses, según las distintas regiones y características de los mismos. Lo hemos hecho a partir de la información existente y complementando los vacíos con encuestas a actores de ambos gremios, generando así una información sustantiva y necesaria para la elaboración de medidas NAMAs que puedan contribuir a disminuir la huella de carbono en el futuro cercano.

La gran virtud de haber iniciado con estos dos gremios es que ambos se encuentran al amparo de la regulación ambiental dictada por el MINAE y son regulados mediante la actuación del CPT en relación a sus concesiones y la ARESEP en cuando a precios y calidad de sus servicios. Se trata entonces de sectores donde las posibles políticas o medidas NAMAs tendrían un efecto de corto y mediano plazo mayor que en otras áreas donde la voluntad del individuo y su función individual de preferencia es la que cuenta para su elección tecnológica.

De la experiencia realizada podríamos decir que existe un espacio significativo para establecer procesos sustantivos de cambio en cuando a combustible o inclusive tecnologías, en materia de transporte público de taxis y autobuses. Si bien existen aún asimetrías de información y se requiere de procesos participativos y de auto-convencimiento para muchos de los actores, la definición de que auto comprar o que motor poner al nuevo autobús es posible de cambiar. De estas decisiones se tendrán experiencias que podrían dar lugar a grandes cambios en la flotilla de taxis y de autobuses y experimentar un efecto cascada en otros ámbitos del transporte, tales como las flotillas institucionales del sector público, las flotillas de carga de varias empresas grandes e inclusive algunos cambios en materia de transporte privado.



12. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos podemos concluir que las tecnologías que mejor se adapten a los cambios del entorno son aquellas que cuentan con mayor eficiencia en cuanto a los motores, por lo que es de esperar que se den inclusive en un escenario pasivo y de pocos incentivos económicos. Tal es el caso del LPG en el transporte. De generalizarse a más flota, los principales retos serían de carácter logístico dado que RECOPE tendría que valorar un crecimiento en sus plantas y en su capacidad de almacenamiento y distribución. Igual destino tendría si se tratase de incorporar el gas natural a la matriz energética nacional. Ambos, LPG y gas natural, son combustibles que podrían seguir teniendo una huella de carbono, pero considerablemente menor a la que se tiene en los actuales vehículos a gasolina y a diesel. En el caso particular de Costa Rica, el segundo ni siquiera se puede comprar en el mercado el día de hoy, mientras que en el primero, existe ya bastante experiencia y mucho interés en trasladar al menos parte de la flotilla a dicho combustible.

Las tecnologías híbridas y eléctricas son algo más caras desde la perspectiva del proceso de movimiento de corto plazo, sin embargo representan los mejores escenarios en tanto pueden llevar a una reducción sustantiva de la huella de carbono, sin alterar la calidad del servicio a los clientes. Estos son elementos de gran importancia sobre todo si se logra enlazar la solución del tema eléctrico con la solución en materia de transporte. La eficiencia de los motores eléctricos es cada día mayor y la duración y carga de las baterías está cada vez más cerca de competir con igualdad de condiciones con otras opciones tecnológicas.

La apuesta país a estas tecnologías podría significar un salto cualitativo y cuantitativo en el desarrollo de un sector transporte bajo en emisiones y al mismo tiempo, continuar en la frontera país de favorecer tecnologías verdes. A la altura del proceso, dichas tecnologías requieren de aportes en materia tarifaria y sobre todo, de medidas NAMAs que garanticen una adecuada infraestructura de apoyo, talleres, sitios de servicio y estaciones de carga que permitan un viaje sin inconvenientes.

Las medidas NAMAs que recomendamos valorar en la estrategia país del sector transporte serían al menos las siguientes:

- Medidas tendientes a modificar la disponibilidad de cambio de tecnología. Estas medidas no solamente deberían favorecer incentivos económicos que garanticen rentabilidad financiera a las decisiones privadas, sino también complementarse con medidas que garanticen los accesos a combustibles más limpios en el país, tanto importados como producidos localmente.
- Medidas tendientes a transformar la flota existente en chatarra. Es primordial que se tenga un número de años en que los motores y vehículos pueden circular como unidades de transporte público y ofrecer una alternativa de reciclamiento que garantice que la unidad no sea vendida y usada por afines privados o inclusive, sea reutilizada por una segunda o tercera empresa para brindar el servicio público. Esto requiere una claridad sobre el período de desgaste económico, el número de años de la concesión y las tarifas correspondientes.
- Medidas tendientes a modificar temporalmente la rentabilidad de las opciones tecnológicas de baja intensidad de la huella de carbono. Esto requiere ajustes a los parámetros de tarifas e impuestos de importación que garanticen que los costos económicos se nivelen y permitan evitar incentivos perversos en materia ambiental.
- Medidas que permitan complementar las tecnologías en materia de talleres y repuestos. Estas medidas deberían garantizar la formación de recursos humanos y el fomento a empresas que brinden apoyo a los empresarios en estas nuevas tecnologías.
- Medidas que favorezcan el espacio a nuevos combustibles alternativos más eficientes. La definición de tarifas para electricidad, LPG y gas natural o biocombustibles.

En el primero de ellos, recomendamos que se realice los esfuerzos necesarios para disponer de la mayor cantidad de alternativas posibles de combustibles en las estaciones de servicio a saber; gasolina, diesel, LPG, gas natural y por supuesto, cargas de electricidad en sus distintas opciones. Esto también involucra necesariamente medidas de normalización y calidad que garanticen la seguridad en el transporte y almacenamiento de los combustibles, así como los elementos tarifarios y de calidad en cuanto al tipo de vehículo y motor.

La necesidad de chatarrización de la flota que termina un ciclo es urgente. El país no cuenta en este momento con una empresa pública o privada que brinde este servicio y que garantice al país de manera fehaciente que el producto se recicla en su totalidad y que las partes no reciclables terminan en un lugar correcto. Se hace necesario definir una cuota mínima de chatarra que recomendamos sea equivalente a la prima que el concesionario de autos pide para enganchar una unidad nueva en la agencia, por ejemplo un equivalente a unos 2000 dólares sería razonable para el caso de los taxis y un monto de unos 10 mil dólares para el caso de un autobús.

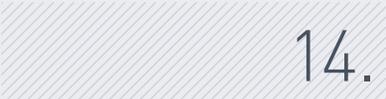
Es posible que sea necesario fomentar un proyecto público privado como existe en otros países y garantizar a quién envíe su auto o autobús a este sistema pueda recibir un monto mínimo por el valor de su unidad. El programa en Costa Rica para taxis debería contemplar la cuota de enganche de la siguiente unidad, digamos unos 2000 dólares. Este pago debería servir como compensación por la pérdida neta que el mercado tendría vender un auto luego de su período de servicio. El entendido es que los cambios de flotilla deben de realizarse amparados a que la tarifa brindada por ARESEP tiene incluida la depreciación de la unidad de servicio público y que en autobuses y taxis la circulación o rodaje de la unidad se da en forma acelerada, por lo que se deprecia mucho más rápido que los vehículos de uso privado.

Los impuestos o subsidios son instrumentos que podrían utilizarse para compensar las alterativas más amigables con el ambiente con beneficios a favor o desfavorecer aquellas no amigables con el ambiente. Siempre y cuando no se discrimine entre marcas específicas, la ley y las normas de comercio permiten este tipo de medidas ambientales a favor de un ambiente más sano, sobre todo, si la actividad es de carácter e interés público, tal como el caso del transporte en su modalidad de taxis y autobuses. Se puede también utilizar el modelo de cuasi-rentas locales, tales como permitir el acceso al centro de la ciudad solamente a taxis o autobuses tecnologías baja en emisiones. Se podría solicitar parqueos públicos gratuitos o también, paradas de taxis exclusivas en lugares clave de la ciudad, donde la cuasi-renta del taxi es mayor, para vehículos con menos emisiones o cero emisiones si fuera del caso.

El fomento a talleres y la necesidad de contar con importadores de repuestos de estas nuevas marcas y opciones tecnológicas es algo que también podría requerir un fomento especial. En este campo además se podría desarrollar una NAMAs informativa a usuarios, facilitando enlace de conocedores de tecnologías, facilidades de importadores y por supuesto, talleres y ventas de repuestos. Todo lo anterior con un interés esencialmente público.

Se hace necesario el pensar en la alternativa del gas natural como combustible alternativo y de transición hacia una economía más baja en carbono. La versatilidad de dicho combustible y las mejoras tecnológicas existentes podrían favorecer una salida intermedia en tanto se consolidan otras opciones de tecnología, tales como la energía solar, los motores alternativos de hidrógeno o inclusive de plasma. Estas medidas requieren de factibilidad, valoración de importar y probar dicho combustible.

Finalmente, es claro que la principal barrera a romper en el sector es el esquema mental y de pensamiento de los actores. Este proceso requiere campañas de educación en todos sus componentes, desde la divulgación a la presa, la creación de casos piloto, el desarrollo de información técnica por internet con soporte público y el acercamiento de la oferta a la demanda a través de mecanismos tales como ferias. La divulgación será clave en un proceso de auto-convencimiento de los actores tanto del sector de taxis como de autobuseros.



14. BIBLIOGRAFÍA

- An, Feng, et al. "Passenger Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standards: A Global Update." The International Council on Clean Transport (2007): 1-36.
- Fulton, L. "International Comparison of Lightduty Vehicle Fuel Economy and Related Characteristics." International Energy Agency Working Paper Series (2010): 1-70.
- Blázquez, J. Eficiencia Energética en la automoción. El vehículo eléctrico, un reto del presente. Recuperado en octubre del 2011 de <http://www.mityc.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/377/76.pdf>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe- República Federal Alemana (2007). Perspectivas para el biodiesel en centroamérica: Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe-Dirección Sectorial de Energía (2009). Encuesta del Recorrido Medio Anual de los Vehículos en Circulación en Costa Rica.
- Decreto Ejecutivo número 28913. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Publicado en el alcance 62 a la Gaceta 179.
- Dirección Sectorial de Energía (2005). Encuesta de Consumo Energético Nacional en el Sector Transporte de Costa Rica, Año 2004.
- Dobles Roberto, 2010. El Gas Natural como Combustible para el Sector Transporte. San José Costa Rica.
- Erazo, R. (2010). Infraestructuras de transporte bajas en carbono: experiencias en América Latina. CEPAL.
- Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Invertir en el transporte urbano sostenible: la experiencia del FMAM.
- Foro Económico y Ambiental. (s.f.). Recuperado en Noviembre de 2011, de Ecoestrategia.com: www.ecoestrategia.com/articulos/trlimpipo/trlimpio.html
- Grütter, J. (2006). Líneas Bases en Proyectos de Transporte Urbano.
- Hubenthal, A. Evaluación del sector transporte en Ecuador con miras a plantear medidas de mitigación al Cambio Climático.
- INCAE. (2010). Proyecto NEEDS. National Economic, Environment and Development Study for Climate Change.
- Instituto Nacional de Ecología. (s.f.). Recuperado en Diciembre de 2011, de Cambio Climático en México: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/qsehaceparamitigarelcc/ambitonacional.html
- Instituto de Ecología. (s.f.). Recuperado en Diciembre de 2011, de Cambio Climático en México: http://cambio_climatico.ine.gob.mx/comprendercc/qsehaceparamitigarelcc/ambitonacional.html
- La movilidad urbana con energía eléctrica: transporte eléctrico como alternativa de movilidad urbana. (2009). Obtenido de <http://www.slideshare.net/juanbird/movilidad-elctrica-seminario-alonso-diciembre-2010-enero-2011>
- L-C.R. Logistic (2007). Estudio de oferta y demanda de transporte. Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. PRU-GAM. Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana del Valle Central de Costa Rica. ALA / 2002/001-068 (ex CRI/2002/0429).

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones , Dirección Sectorial de Energía(2008). V Plan Nacional de Energía, 2008-2021.

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (2010). Hacia un nuevo modelo energético para nuestro país.

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (2003). Situación del Gas Licuado de Petróleo en Costa Rica.

Molina Soto Arturo (2009). Balance Energético Nacional 2008, San José, Costa Rica, Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, Dirección Sectorial de Energía

RECOPE. Plan Piloto Barranca, Fundamentos para el Programa Nacional, Etanol, Mezclas, Biodiesel.

República de Italia (2006). Costos y Precios para Etanol Combustible en América Central.

Rivera, L. y H. Rojas-Romagosa (2009): Human Capital Formation and the Linkage between Trade and Poverty: The Cases of Costa Rica and Nicaragua. Documento de trabajo del proyecto "Poverty, Trade Policy and Complementary Policies," CEPAL-AECID. Mimeografía.

SERNA-PNUD. (2011). Evaluación de los flujos de inversión y financiamiento para la mitigación y adaptación al cambio climático.

Tomás Burgaleta Hernando(2003). La experiencia de la utilización del gas natural en los autobuses de Madrid. Empresa Municipal de Transportes de Madrid.

Universidad Nacional(2010). Calidad del Aire en la Gran Área Metropolitana de Costa Rica.

Universidad Nacional (2007). Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del Aire del Área Metropolitana de Costa Rica.

Yábar, A. (2008). Tributos locales y cargas como instrumentos de Movilidad sostenible en las grandes metrópolis Españolas.

Global Environment Facility. Recuperado en Diciembre del 2011, de Investing in our planet: www.gefonline.org/projectlist.cfm

Institute, W. R. National Alcohol Program. Recuperado en Diciembre del 2011, de Special Projects: <http://projects.wri.org/sd-pams-database/brazil/national-alcohol-program-proalcohol>

(GEF). (2003). Sustainable Transport and Air Quality for Santiago.

Facility, G. E. (2003). Investing in our Planet. Recuperado en Diciembre del 2011, de Sustainable Transport and Quality Air for Santiago: http://www.gefonline.org/ProjectDocs/Climate%20Change/Chile%20-%20Santiago's%20Air%20Quality%20and%20Transport/GEF_Project_Brief_Document-P073985%20Apr%207%2003.pdf



Se hace necesario un cambio en el paradigma tecnológico del sector transporte si queremos avanzar en la reducción de la huella de carbono que pesa sobre este sector. Si bien es cierto el transporte público es una alternativa de mucho mejor eficiencia que las alternativas privadas de utilizar el auto propio cada vez que requerimos trasladarnos de un sitio a otro, es posible encontrar mecanismos para reducir e inclusive eliminar la huella de carbono que pesa sobre este sector.

En este estudio se ha realizado la tarea de identificar la línea base de emisiones del sector de transporte público en la modalidad de taxis y autobuses, según las distintas regiones y características de los mismos. Esto se ha hecho a partir de la información existente y complementando los vacíos con encuestas a actores de ambos gremios, generando así una información sustantiva y necesaria para la elaboración de medidas NAMAs que puedan contribuir a disminuir la huella de carbono en el futuro cercano.