



DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MUNICIPIO MAIPÚ

Enero de 2018



Índice

Agradecimientos	v
Antecedentes	viii
Introducción.....	ix
1. Municipio Maipú en cifras.....	11
2. Metodología del diagnóstico en municipios	13
3. Consumo de energía del municipio	16
3.1. Alumbrado público (AP).....	16
3.2. Residuos sólidos (RS).....	18
3.3. Agua potable y residual (APR).....	19
3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM).....	20
3.5. Edificios públicos (EP).....	21
4. Medidas de eficiencia energética	23
4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio Maipú	24
• Sector alumbrado público (AP).....	24
• Sector edificios públicos (EP).....	25
• Sector residuos sólidos (RS).....	27
• Sector transporte flota municipal (TFM).....	28
4.2. Priorización de las medidas.....	30
5. Conclusiones y recomendaciones.....	33
Referencias.....	36
Anexo 1. Análisis de impacto de medidas del sector alumbrado público (AP).....	37
Anexo 2. Análisis de impacto de medidas del sector edificios públicos (EP)	40
Anexo 3. Análisis de impacto de medidas del sector residuos sólidos (RS)	44
Anexo 4. Análisis de impacto de medidas del sector transporte - flota municipal (TFM).....	49

Índice de figuras

<i>Figura 1</i>	<i>Evolución del consumo de electricidad facturado por sectores</i>	11
<i>Figura 2</i>	<i>Distribución de tecnologías para alumbrado público</i>	16
<i>Figura 3</i>	<i>Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público</i>	17
<i>Figura 4</i>	<i>Comparativo de emisiones de CO₂ por luminaria en municipios</i>	18
<i>Figura 5</i>	<i>Composición de residuos sólidos de Maipú</i>	19
<i>Figura 9</i>	<i>Distribución porcentual de la antigüedad por tipo de vehículo</i>	21
<i>Figura 10</i>	<i>Distancia promedio anual recorrida por flota municipal</i>	21
<i>Figura 11</i>	<i>Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público</i>	24
<i>Figura 12</i>	<i>Impacto económico de las medidas en el alumbrado público</i>	25
<i>Figura 13</i>	<i>Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos</i>	26
<i>Figura 14</i>	<i>Impacto económico de las medidas en edificios públicos</i>	26
<i>Figura 15</i>	<i>Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos</i>	27
<i>Figura 16</i>	<i>Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos</i>	28
<i>Figura 17</i>	<i>Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal</i>	28
<i>Figura 18</i>	<i>Impacto económico de las medidas en la flota municipal</i>	29
<i>Figura 19</i>	<i>Priorización económica y energética de las medidas (AP)</i>	30
<i>Figura 20</i>	<i>Priorización económica y energética de las medidas (EP)</i>	30
<i>Figura 21</i>	<i>Priorización económica y energética de las medidas (RS)</i>	31
<i>Figura 22</i>	<i>Priorización económica y energética de las medidas (TFM)</i>	31

Índice de tablas

<i>Tabla 1</i>	<i>Formularios del consumo de energía del municipio Maipú</i>	13
<i>Tabla 2</i>	<i>Indicadores utilizados para la priorización de medidas de eficiencia energética</i>	14
<i>Tabla 3</i>	<i>Operadores por departamento y localidad de la sede</i>	19
<i>Tabla 4</i>	<i>Medidas de eficiencia energética evaluadas</i>	23

Agradecimientos

Los diagnósticos de eficiencia energética son parte de las iniciativas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para apoyar la identificación de áreas de mejora en el desarrollo sostenible de los municipios. Dentro del BID la recolección y análisis de la información la realizó el equipo de Sustainable Energy For All (SE4ALL) apoyado por la iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES).

El equipo SE4ALL del BID quisiera agradecer el apoyo de UNICIPIO, en particular a Graciela Marty y Humberto Mingorance, quienes con un alto dinamismo colaboraron con el seguimiento de la recolección de datos en los municipios de la Provincia de Mendoza. Además, el equipo quisiera agradecer a Matilde Bertoldi, Martha Castro y Belén Campanella por su valiosa contribución como contraparte técnica y sobre todo por su compromiso con la correcta recolección de los datos sobre los que se sustenta el diagnóstico de la municipalidad de Maipú.

Por último agradecemos enormemente la colaboración de los distintos puntos focales que nos apoyaron técnicamente desde sus instituciones: Hugo Reos del EPRE, Laura Barnabó de EMESA, Nadia Rapali de la APOT, Erica Correa del INAHE/CONICET, Laura Fagot y Alejandro Mas de la Secretaría de Servicios Públicos, Darío Hernández de Aysam, Marcela Dávila de la DPA, José Reta y Víctor Burgos del INA. Gracias a su colaboración pudimos recabar datos reales y actuales para este estudio de alta complejidad.

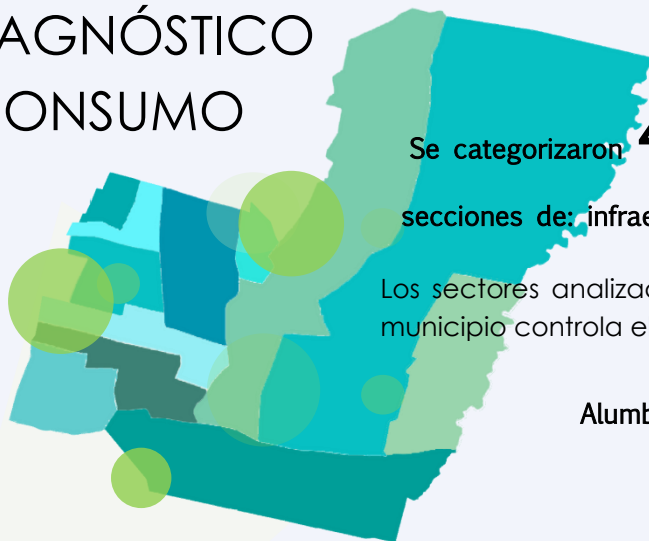
DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MAIPÚ



Enmarcado en la iniciativa mundial “Energía Sostenible para Todos” que promueve:

- Innovación energética
- Formación en consumo sostenible en América Latina y el Caribe

1. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO



Se categorizaron **400 Variables**, organizadas en las secciones de: **infraestructura, consumo de energía y propietarios.**

Los sectores analizados corresponden a las áreas en las que el municipio controla el gasto y gestión de la energía:

Alumbrado público, Edificios públicos, Residuos sólidos y Transporte flota municipal



2. EVALUACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

1. Priorización de medidas a ser implementadas en el municipio
2. ser implementadas en el municipio
3. implementadas en el municipio

Basado en la valoración y comparación del costo beneficio de:

- Ahorro de energía
- Reducción de la contaminación
- Rentabilidad

Las medidas se evaluaron en un horizonte de 10 años tomando en cuenta dos escenarios de precios de electricidad y combustibles, que valoran la sensibilidad de las rentabilidades al incremento de las tarifas de energía y del precio del dólar. El primer escenario considera precios de 2015, año base de recolección de la información y el segundo escenario los precios de 2017.

Sector Alumbrado Público

- Consumo: **28.421 kWh/km** de vía iluminada
- Muestra un consumo de energía promedio entre los municipios evaluados y el mayor gasto por este concepto.



Sistema inteligente de gestión de horas de operación

13 %

222 t/año



Escenario 2017: TIR = **18%** & PRI > 10 años

Recambio de luminarias

Sector Edificios Públicos

- Cuenta con **73 edificios públicos**
- Consumo promedio: **614 kWh/m²**



Sistema fotovoltaico

86%

173 t/año

Escenario 2017 TIR = **69%** & PRI < 3 años



Programa de recambio de luminarias



Incandescentes

- Programa de estándares mínimos de eficiencia

Sector Residuos Sólidos

- Genera **60.820 t/año** de residuos sólidos
- Posee **43 camiones** como flota de recolección
- Rendimiento promedio: **2,1 km/l** de combustible



Reciclaje de residuos

25%

511 t/año



Escenario 2017: TIR **7.247%** & PRI < 1 año



Recuperación de energía de podas

Sector Flota Municipal

- Posee **302 vehículos**
- Un vehículo recorre en promedio **28.300 km/año**



Capacitación para la conducción eficiente de vehículos

25%

967 t/año

Escenario 2017: TIR= **46%** & PRI > 2 años



Mejora de la eficiencia de operación de vehículos



Resados

BARRERAS

Largos procedimientos internos para la toma de decisiones y desarrollo de procesos de licitación

INSTITUCIONALES

Escasa información actualizada y sistematizada sobre el consumo de energía del municipio

TÉCNICAS

Baja rentabilidad de las medidas asociado al bajo costo de la energía en Argentina

ECONÓMICAS

Antecedentes

Los diagnósticos de eficiencia energética a nivel municipal se enmarcan en las iniciativas del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para promover la innovación energética y mejorar el conocimiento sobre el consumo de energía en América Latina y el Caribe (ALC). En particular, los diagnósticos de eficiencia energética son parte de las líneas de acción del BID para apoyar la iniciativa mundial “Energía Sostenible para Todos” (SE4All por sus siglas en inglés) que impulsa la Organización de las Naciones Unidas (ONU), y que tiene por objetivos globales al año 2030: i) asegurar el acceso universal a los servicios energéticos modernos; ii) duplicar la tasa global de mejora en eficiencia energética; y iii) duplicar la participación de las energías renovables en la matriz energética de los países.

Los países de ALC enfrentan importantes barreras relacionadas a su rápido crecimiento al nivel de ciudades, que tienen relación con la provisión de servicios y en particular con la expansión y mejoramiento de la capacidad instalada de sectores como salud, educación y energía, entre otros. Para superar estas barreras, las ciudades buscan analizar sus prácticas de consumo de energía para generar una planificación de desarrollo bajo un enfoque sostenible y al mismo tiempo mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos. A fin de contribuir con el manejo sostenible de los recursos energéticos, la planificación urbana y la sostenibilidad fiscal de las ciudades en ALC, el BID creó la iniciativa de Ciudades Emergentes Sostenibles (CES).

Dada la oportunidad que existe para combinar los esfuerzos en materia de eficiencia energética emprendidos por las iniciativas de SE4All y CES, el BID solicitó la elaboración del diagnóstico del potencial de eficiencia energética en los sectores prioritarios de ciudades, para apoyar la identificación de las medidas de ahorro de energía y mejoramiento de los servicios públicos que prestan los municipios.

Introducción

El uso eficiente de la energía en Latinoamérica está ganando importancia dentro de los planes estratégicos de los países. En general, se observa la inclusión del uso racional de la energía y la implementación de medidas de eficiencia energética como parte de las actividades para impulsar el crecimiento económico, fortalecer la seguridad energética y disminuir la dependencia de la importación de combustibles.

La eficiencia energética consiste en el uso de tecnologías e implementación de prácticas y acciones enfocadas a reducir el consumo de energía manteniendo el nivel de calidad para elaborar productos o prestar servicios. En este sentido, la eficiencia energética no representa una contradicción al crecimiento de los principales sectores que conforman la economía de los países, por el contrario, representa una oportunidad para mejorar la competitividad del sector público y privado, que además reduce costos e impactos ambientales.

Para la política energética, la eficiencia en el uso de energía representa un importante motor para el desarrollo. Su promoción, además de mejorar la competitividad de los países, apoya las acciones para reducir las de emisiones contaminantes y dependencia energética. En la medida que la sociedad en su conjunto consuma menos energía para satisfacer sus necesidades productivas y de actividad económica, más competitiva será la economía. Por su parte las acciones para reducir el impacto ambiental se apoyan en la modernización de tecnologías y desarrollo de procedimientos que cumplan con estándares mínimos de calidad y desempeño energético. Con la introducción de tecnologías eficientes se podría facilitar la diversificación del consumo de fuentes alternativas a los combustibles líquidos y del gas natural.

A pesar de la existencia de un cierto consenso sobre los beneficios de la eficiencia energética, su inclusión en los planes estratégicos de empresas e instituciones enfrenta barreras de información, económicas y técnicas que dificultan su ejecución. En este sentido, la obtención de información de calidad sobre el funcionamiento de las empresas e instituciones es esencial para identificar los sectores con mayor potencial de reducción de consumo de energía.

En consideración de lo anterior se justifica la preparación de diagnósticos de eficiencia energética en los municipios de Argentina a fin de evaluar e identificar las oportunidades de ahorro que resulten de la implementación de medidas, que disminuyan el gasto municipal, reduzcan el consumo de energía y de emisiones contaminantes. El presente diagnóstico de Maipú se compone por cinco secciones. La primera sección describe los aspectos más relevantes de su territorio, población, economía y consumo de energía. Las secciones siguientes (segunda y tercera) explican la metodología empleada para caracterizar el consumo de energía y los principales resultados obtenidos. Por último, la cuarta y quinta sección priorizan las medidas de eficiencia energética en base a su impacto económico, energético y medio ambiental, además de presentar las conclusiones y recomendaciones.

Esperamos que este producto de conocimiento vaya en beneficio de los municipios y del país.

- Roberto Aiello
- Julio López
- Fernando Anaya

Municipio Maipú en cifras

Con una superficie de 617 km², el municipio se caracteriza por un clima templado - árido, con una media anual de precipitación de 200 mm y temperatura que oscila entre 9°C y 42°C según la estación del año. Maipú se localiza a unos 15 kilómetros de la capital provincial, Mendoza. Limita al norte con Lavalle, al oeste con Luján de Cuyo, Guaymallén y Godoy Cruz, al sur Junín y al este con San Martín (DEIE, 2012).

Para el año 2016, Maipú alcanzó una población de 172.852 habitantes (Censo del 2010) y una densidad que supera las 280 personas por km². La población total se distribuye en 46.538 hogares, conformados en promedio por 3,65 personas. De las 42.545 viviendas del municipio, el 74% se ubican en el área urbana y el resto en la zona rural. En cuanto al acceso a electricidad, el 99% de los hogares cuenta con un servicio por red.

• Economía

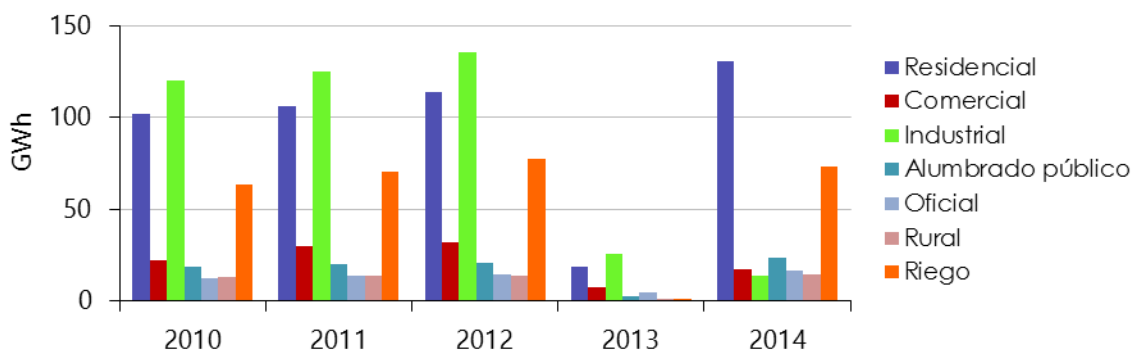
Para el año 2014, el municipio generó un producto bruto geográfico (PBG) de 11.617 millones de pesos, que representó el 8% del PBG provincial (UNCuyo). La municipalidad de Maipú, a cargo de la prestación de servicios a la comunidad, contó con un presupuesto de 756 millones de pesos para el año 2016. El desarrollo económico de Maipú se fundamenta en la industria manufacturera, la actividad comercial y la producción de servicios. En 2014 la industria alcanzó un PBG de 2.789 millones de pesos (24% del total), mientras que la actividad comercial y de servicios generaron el 76% restante con 4.553 millones de pesos cada uno.

• Consumo de energía

En el año 2014 el consumo de electricidad del municipio alcanzó 292 GWh, lo que significó una disminución cercana al 21% respecto al consumo facturado el año 2010, de 392 GWh (MEM, 2017a). El sector alumbrado público incrementó el consumo en 20%, con un promedio para el periodo de 17 GWh/año.

Figura 1

Evolución del consumo de electricidad en el municipio Maipú



Fuente: (MEM, 2017a).

Del gráfico anterior se identifica que el alumbrado público y los edificios públicos (consumo “Oficial”) son los sectores que agrupan la mayor demanda de electricidad que se encuentra bajo la responsabilidad de la municipalidad de Maipú.

- **Eficiencia energética**

El municipio carece de ordenanzas orientadas al uso eficiente de energía. No obstante, a nivel nacional y provincial existen iniciativas como el Programa Nacional de uso Racional y Eficiente de la Energía (Decreto 140/2007) que declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía (MEM, 2017b). Como resultado del mencionado programa, en 2015 se crea la Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética por medio del Decreto 231.

En referencia a proyectos de eficiencia energética, actualmente se desarrollan programas nacionales que ofrecen líneas de crédito para la inversión en eficiencia energética y certificación de sistemas de gestión de la energía (Proyecto ISO 50001). En paralelo se evalúan programas que tienen como objetivo promover el uso eficiente de la energía en los sectores de alumbrado y edificios públicos. En el marco de estos programas, la Provincia de Mendoza desarrolla cursos dirigidos a las empresas con el objetivo de generar conocimientos para la aplicación de mejoras tecnológicas y de gestión en sus procesos que concentran un alto consumo de energía. Además, se presta apoyo técnico para incluir criterios de eficiencia energética en los procesos de licitación de construcción de edificios públicos como bibliotecas y hospitales (Gobierno de Mendoza, 2017).

Metodología del diagnóstico en municipios

La caracterización del consumo de energía en el municipio se basó en la recolección de datos suministrados por los puntos focales del municipio e investigación de información pública. La recolección de datos inició en agosto de 2016 y culminó en febrero de 2017 e incluyó actividades como entrevistas a puntos focales en municipios y expertos, consulta de bases de datos oficiales y dos visitas al municipio para la verificación de la información.

La recolección de datos se consolidó en los formularios preparados para cada sector. Dichos formularios se compusieron por cinco hojas de cálculo que incorporaron los valores de las 400 variables recolectadas, y que fueron agrupadas según se indica en la tabla a continuación. El levantamiento de información excluyó el sector agua potable y residual por estar fuera del control del municipio, además de su escasa injerencia en la implementación de medidas de eficiencia energética.

Tabla 1

Formularios del consumo de energía del municipio Maipú

Planilla	Síntesis de información
1. Información básica	A.- Datos generales a nivel nacional. B.- Datos generales del municipio. C.- Consumo y gastos de energía del municipio.
2. Alumbrado público	A.- Infraestructura de alumbrado público y servicios. B.- Consumo de electricidad, gastos y presupuesto. C.- Propietario o responsable.
3. Edificios públicos	A.- Infraestructura de servicios. B.- Consumo de electricidad, gastos y presupuesto. C.- Propietario o responsable. D.- Potencial para la instalación de paneles solares.
4. Residuos sólidos	A.- Generación de residuos. B.- Recolección y gestión de residuos. C.- Propietario o responsable.
5.- Flota vehicular municipal	A.- Información general de la flota. B.- Consumo de energía, gastos y presupuesto.

Una vez completada la caracterización del consumo de energía en los sectores mencionados, se evaluó el impacto de la implementación de medidas de eficiencia energética. En particular, se evaluó el impacto económico (rentabilidad), energético (ahorro de energía) y ambiental (reducción de CO₂) de un grupo de medidas seleccionadas en base a la experiencia internacional.

El análisis de las medidas incluye la estimación del costo-efectividad del ahorro en el presupuesto municipal, consumo de energía, y la reducción de emisiones de CO₂ para un horizonte de diez años. Esta estimación evalúa la rentabilidad para cada medida de eficiencia energética mediante el cálculo del valor actual neto (VAN) al 18%, la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión. Para la estimación del costo-efectividad del ahorro en pesos se calculó el valor actual (VA) del flujo de caja de la inversión, asumiendo la misma tasa de interés del VAN (18%). Por otra parte, el cálculo del costo - efectividad del ahorro de energía y reducción de CO₂ provienen de la relación entre el costo de la medida y el ahorro de energía o reducción de CO₂ acumulado durante los diez años de vida del proyecto.

La construcción de los flujos financieros de cada medida es el resultado de la comparación de las condiciones ex ante y ex post de su implementación. En particular se considera que los ingresos generados por la aplicación de la medida corresponden con el ahorro en pesos alcanzado respecto a la situación previa a su implementación, por lo tanto, no se consideran ingresos distintos a los ahorros en pesos, como el valor comercial de las reducciones de emisiones de CO₂. Por último, a estos ahorros se les descontaron los costos de inversión los gastos de operación y mantenimiento de cada medida.

El análisis del impacto económico se basa en dos escenarios de precios de electricidad y combustibles. Estos escenarios buscan evaluar la sensibilidad de las rentabilidades ante el incremento de tarifas de energía, incluido el incremento del dólar. Por una parte, el primer escenario toma las condiciones de 2015 por corresponder con el año en el que se recolectó la información; mientras que, el segundo escenario evalúa los resultados en base a precios ajustados de la electricidad y combustibles anunciados para 2017. Para este último año se consideran incrementos de 117% en electricidad, 60% en gas doméstico y un promedio de 24% en combustibles líquidos como el diésel y la gasolina.

A partir del análisis del impacto económico y ambiental, se valoraron las medidas para su priorización. Dicha priorización se basa en la combinación de indicadores y criterios para su interpretación. La tabla siguiente resume los indicadores y criterios utilizados para la priorización de las medidas de eficiencia energética.



Indicadores utilizados para la priorización de medidas de eficiencia energética

Indicadores energéticos y ambientales	Definición	Interpretación
Ahorro de energía (Ahe)	Reducción del consumo de energía producto de la aplicación de la medida	A mayor Ahe mayor prioridad
Reducción de CO₂ (RCO₂)	Abatimiento del CO ₂ producto de la aplicación de la medida	A mayor RCO ₂ mayor prioridad

Indicadores económicos	Definición	Interpretación
Costo - efectividad (CE)	Costo de inversión por unidad de beneficio producto de la aplicación de la medida	La medida que genera el mismo beneficio al menor costo tendrá mayor prioridad
Valor actual neto (VAN)	Comparación de los costos con los beneficios de todos los flujos de recursos descontados a una tasa elegida.	A mayor VAN mayor rentabilidad y mayor prioridad
Tasa interna de retorno (TIR)	Tasa de interés a la que el valor actual neto de los costos de la inversión es igual al valor presente neto de los beneficios de la inversión	A mayor TIR mayor prioridad
Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	Tiempo que se requiere para recuperar la Inversión inicial de un proyecto	A menor PRI mayor prioridad
$PE_i = PCE_i + PVAN_i + PTIR_i + PPRI_i$ $PEA_i = PAhe_i + PRCO_{2i}$ <p>donde, PE = prioridad económica de la medida i; PEA = prioridad energética ambiental de la medida i; P = orden de prioridad</p>		

Los indicadores se evaluaron con una puntuación entre 1 y “n”, siendo “n” el total de medidas consideradas para el sector estudiado. Dicha puntuación se estableció en función del orden de prioridad de cada indicador dentro del conjunto de medidas del sector, siendo 1 la mayor prioridad y “n” la menor. Finalmente, cada medida se priorizó aplicando las ecuaciones indicadas en la tabla anterior, resultando de mayor prioridad la de menor valor total.

Consumo de energía del municipio

3.1. Alumbrado público (AP)

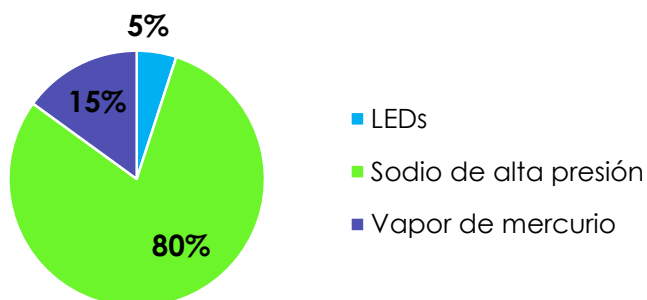
El alumbrado público del municipio Maipú es operado por la municipalidad. El municipio cuenta con un 80% cobertura de alumbrado público y el parque instalado de luminarias se compone por 15.905 puntos de iluminación distanciados en promedio a 35 metros. El 95% de los puntos cuenta con medidores individuales por poste.



Instalaciones del alumbrado público del municipio.

Del total de luminarias cerca del 89% están destinadas a la iluminación de caminos, calles y carreteras; mientras que el 11% restante se encuentra instalado en zonas recreacionales como parques, monumentos y plazas.

Distribución de tecnologías para alumbrado público



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior indica que la tecnología de sodio de alta presión tiene la mayor participación en el parque instalado de alumbrado público, con 80% del total y una potencia instalada promedio 69 Watts. A esta tecnología le sigue las luminarias de vapor de mercurio, con 15% del total y una potencia promedio de 26 Watts. La tecnología LED tiene una participación del 5% y una potencia instalada de 5 Watts. A continuación se listan algunos de los indicadores más relevantes del sector:

- Consumo anual de electricidad por km de calles iluminadas: 28.421 kWh/km

- Porcentaje de calles iluminadas en el municipio: 80%
- Consumo anual de electricidad por poste de iluminación: 1.358 kWh/poste

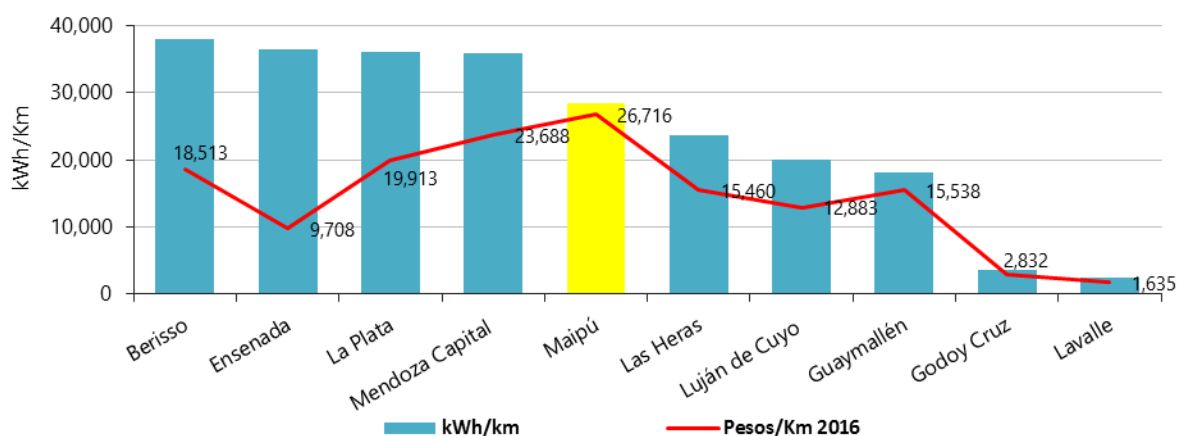
Los datos recolectados indican que el alumbrado público de todo el municipio funciona en promedio 10 horas diarias. Lo anterior significa que el consumo total de electricidad anual por tecnología corresponde con 3.650 horas de funcionamiento al año. El municipio cuenta con un sistema de gestión inteligente de luminarias que permite regular la cantidad de luminosidad de cada poste en base a la hora del día o la luz natural disponible.

En general el desempeño del parque de iluminación se considera satisfactorio. El municipio registra un porcentaje de averías del 3,77% sobre el total de los puntos de iluminación. Del parque instalado, el 70% de los puntos de iluminación tiene una antigüedad de más de 6 años, 15% entre 3 a 6 años y el restante 15% tiene 2 años o menos años de antigüedad.

Al comparar al municipio con otros analizados, Maipú se ubica cercano a la media del consumo promedio de energía por kilómetro de iluminación y gasto por este concepto, tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 3

Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público



Fuente: Elaboración propia.

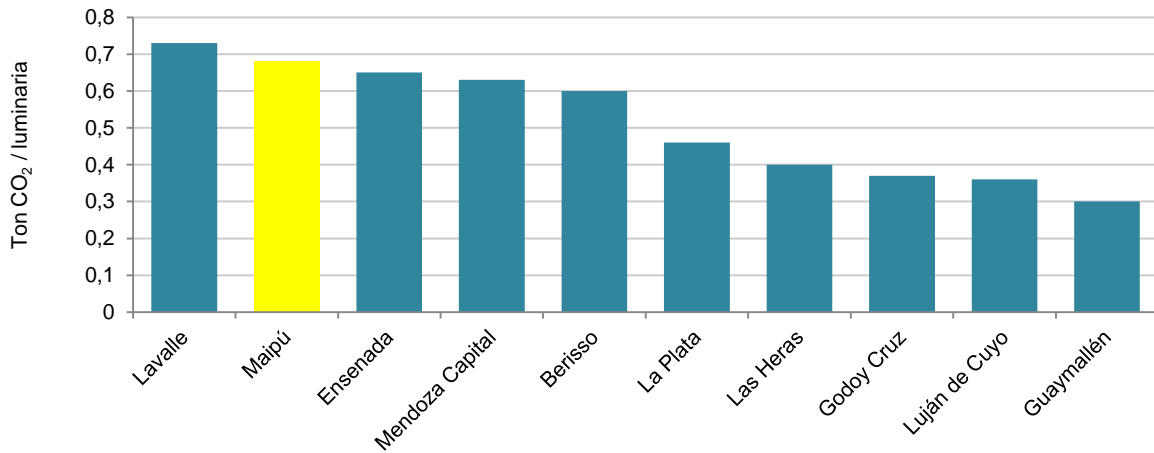
Para el año 2015, se destinaron cerca de 33,2 millones de pesos para gastos de electricidad, operación y mantenimiento del alumbrado público. El gasto por consumo de electricidad fue de 16,9 millones de pesos, 51% del gasto total; mientras que los 16,3 millones que representan el 49% restante, correspondieron a gastos de operación y mantenimiento. El 100% de los fondos para financiar el alumbrado público proviene del presupuesto municipal.

La intensidad del consumo de energía del sistema de alumbrado público tiene una importante contribución a las emisiones totales de gases contaminantes del municipio. En base al factor de emisión del sistema de generación de Argentina (0,509 toneladas de CO₂ por MWh), las emisiones totales alcanzaron 10.974 toneladas de CO₂ al cierre de 2015. Analizado por unidad, el municipio emite en promedio 0,68 toneladas anuales de CO₂ por luminaria instalada. A continuación, se

comparan las emisiones del sistema de alumbrado público de Lavalle, respecto a los municipios con los que se cuentan con información.

Figura 4

Comparativo de emisiones de CO₂ por luminaria en municipios



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Residuos sólidos (RS)

La municipalidad de Maipú es directamente responsable de la gestión de recolección y traslado de residuos sólidos en todo el municipio. Los fondos destinados a la recolección de residuos provienen en más del 80% de los fondos del presupuesto anual de la municipalidad.

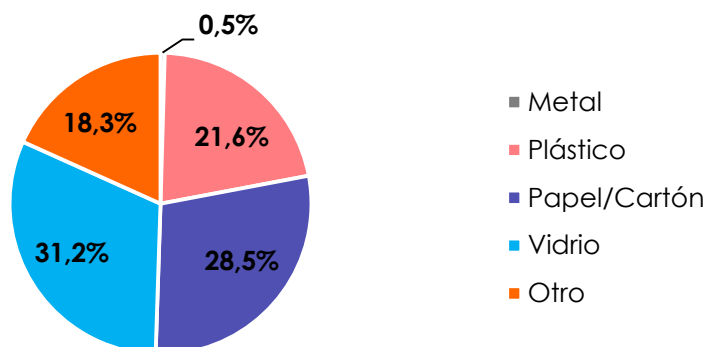


Instalaciones de recolección de residuos en vías públicas

El año 2015 el municipio Maipú generó cerca de 60.820 toneladas de residuos sólidos. Del total de residuos generados, el 50% es reciclado en la Planta de Tratamiento de Residuos Urbanos ubicada en Barrancas y el restante es llevado vertederos controlados y rellenos sanitarios en las Heras. Maipú no cuenta con estaciones de transferencia ni registra basurales a cielo abierto. A continuación se muestra la composición de los residuos reciclados en Maipú, según datos suministrados por la municipalidad.

Figura 5

Composición de residuos sólidos reciclados de Maipú



Fuente: Según datos suministrados por la municipalidad.

Los residuos son recolectados por 43 camiones de propiedad municipal. Cada unidad de recolección está provista de un mecanismo compactador con capacidad máxima de carga de 8 toneladas, con igual ocupación promedio por viaje. Los camiones tienen una antigüedad entre 6 y 10 años, con una eficiencia en el consumo de combustible de 0,47 litros por kilómetro.

En 2015, la flota de camiones de recolección recorrió 1.130.040 kilómetros. Este recorrido demandó el consumo 531.119 litros de combustible y un gasto de 8,4 millones de pesos.

Algunos indicadores relevantes del sector son los siguientes:

- Residuos per cápita para el año 2015: 0,96 kg/día
- Porcentaje capturado de residuos: 100%
- Porcentaje de residuos sólidos reciclado: 50%
- Porcentaje de residuos sólidos llevados a relleno sanitario: 50%

3.3. Agua potable y residual (APR)

La operación de plantas para la provisión del servicio de agua potable y tratamiento de aguas residuales está a cargo de la municipalidad a través de operadores comunitarios y comerciales (Tabla 3).

Operadores por departamento y localidad de la sede

Localidad	Operador	Tipo de servicio
Coquimbito	Cooperativa Rural de Servicios Públicos Barrio Coquimbito	Agua

Localidad	Operador	Tipo de servicio
	LTDA.	
Coquimbito	Hugo del Carmen Ojeda S.A.	Cloacas
Coquimbito	Unión Vecinal Barrio Piccione	Agua
Coquimbito	Unión Vecinal Plazoleta Rutini	Agua
Cruz de Piedra	Cooperativa de Servicios Públicos Sociales y de Consumo José Álvarez LTDA	Agua
Cruz de Piedra	Cooperativa de Urbanización, Vivienda, Servicios Públicos y Anexos Tres Esquinas LTDA	Agua
Rodeo del Medio	Cooperativa de Provisión de Agua Potable El Pedregal LTDA.	Agua

Fuente: Elaboración propia en base a datos aportados por EPAS (2017).

El servicio de agua potable se suministra por medio de tres plantas potabilizadoras: Palma, La Pequeña y Cruz de Piedra. La distribución del agua potable se realiza por los 431 km de red instalada, que sirve a un 85% de los hogares (INDEC, 2017b). Adicionalmente se cuenta con 55 perforaciones de pozos. Para la extracción y distribución del agua subterránea se utilizan 75 bombas, de las que el 60 tiene una antigüedad de 5 años o menos y el restante 40%, entre 11 a 20 años.

En cuanto a agua residual, existen 18 plantas de tratamiento de agua distribuidas por la ciudad bajo la operación del municipio. La recolección de agua residual se realiza a través de 442 km de red de tubería conectada a 24 bombas. El municipio genera anualmente 5.641.311 m³ de aguas residuales

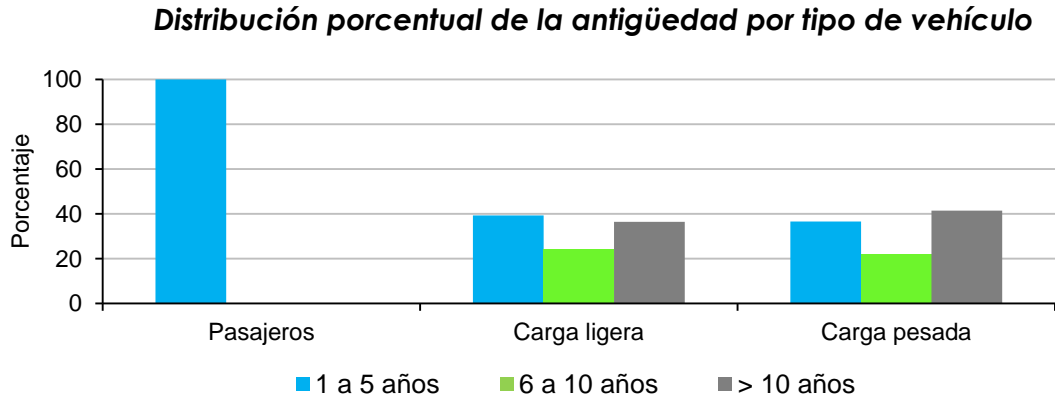
3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM)

El parque vehicular municipal está constituido por 302 unidades, distribuidas de la manera siguiente: 142 vehículos de carga pesada, 109 de carga ligera, 50 otros y vehículos de pasajeros. A continuación se muestra la distribución porcentual de la antigüedad por tipo de vehículo y la distancia promedio de viaje de los mismos.



Parte de la flota municipal de vehículos.

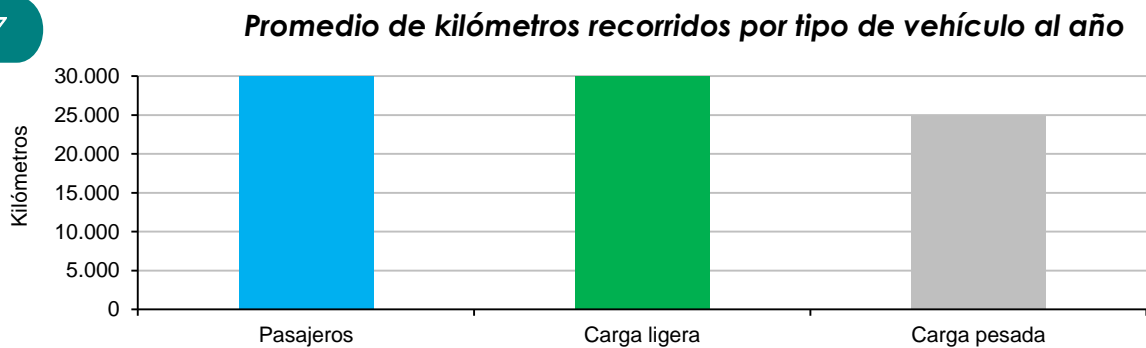
Figura 6



Fuente: Elaboración propia.

La flota vehicular municipal viaja en promedio 6.850.000 km al año, lo que representa un consumo de 1.154.343 litros de combustible al año, generando un gasto de 19,6 millones de pesos en combustible. A continuación se muestra el recorrido promedio de la flota vehicular municipal.

Figura 7



Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior se identifica que existe un importante potencial de ahorro de combustible producto de la optimización del uso de la flota. Esta optimización, puede efectuarse en base al uso y ruta que cubre cada unidad. Si bien, la falta de información desagregada de la flota no permite evaluar el potencial de ahorro producto de su optimización, se recomienda que el municipio efectúe un monitoreo para identificar los tipos de vehículos con el mayor potencial de ahorro.

3.5. Edificios públicos (EP)

La municipalidad de Maipú tiene bajo su cargo 73 edificios públicos, de los que 31 pertenecen a oficinas, 27 a instalaciones recreacionales, 6 a espacios culturales, y 9 a otras categorías. La operación y mantenimiento de esta infraestructura pública la realiza la municipalidad.

El diagnóstico de los edificios públicos consistió en una visita a los espacios de oficinas, edificios culturales e instalaciones recreacionales representativas. Cada levantamiento de datos por tipo de edificio identificó las tecnologías de iluminación, acondicionamiento de espacios, materiales de construcción y características de consumo de energía, entre otros.

Los datos recolectados muestran que todas las oficinas y los edificios culturales cuentan con tecnologías de acondicionamiento térmico asociado a calefacción. En cuanto a tecnologías de enfriamiento se tiene que del total de oficinas, cerca del 40% cuenta con unidades de ventana, y con similar porcentaje de ventiladores. Se observa en los edificios recreacionales y culturales una alta tenencia de ventiladores. El número de horas promedio de operación de los diferentes usos finales de electricidad en los edificios públicos de la municipalidad es de diez horas diarias. Por último, se observa que los materiales de construcción de todos los edificios públicos incluyen ladrillos con hormigón armado, y adobe y concreto para los edificios patrimoniales. Las oficinas integran materiales de aislamiento térmico interior. A continuación se muestran algunos indicadores relevantes del sector.

Indicadores relevantes:

- Consumo de electricidad por unidad de superficie: 614 kWh/m²
- Costo de electricidad por unidad de superficie: 405,24 pesos/m²
- Consumo de energía (excluyendo electricidad) de edificios: 1.526 kWh/m²

Medidas de eficiencia energética

La selección de las medidas a evaluar en cada sector toma como referencia la experiencia internacional de proyectos de eficiencia energética en municipios¹. Estas medidas, listadas en la tabla siguiente, se analizaron tomando en consideración las condiciones particulares de consumo y gestión de la energía del municipio Maipú. A continuación se listan las medidas evaluadas por sector.

Tabla 4

Medidas de eficiencia energética evaluadas

Sector	Medidas
Alumbrado público	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recambio de luminarias 2. Sistema inteligente de gestión de horas de operación 3. Ajuste de altura, distancia entre postes y reducción de potencia por poste
Edificios públicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programa de recambio de luminarias incandescentes 2. Programa de estándares mínimos de eficiencia energética para artefactos 3. Programa de recambio de equipos de aire acondicionado 4. Programa de recambio de equipos de calefacción 5. Sistema solar térmico 6. Sistema fotovoltaico
Residuos sólidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estaciones de transferencia 2. Capacitación en conducción eficiente 3. Mantenimiento de camiones de recolección de residuos 4. Recambio de camiones de recolección de residuos 5. Optimización en la selección de rutas de recolección de residuos 6. Recuperación de energía de podas 7. Reciclaje de residuos
Flota vehicular municipal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación en conducción eficiente 2. Mantenimiento preventivo de la flota vehicular municipal 3. Recambio de vehículos de carga pesada 4. Mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular de carga 5. Recambio de la flota por vehículos híbridos eléctricos 6. Recambio de la flota por vehículos complemente eléctricos

¹ México, Colombia y Brasil

4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio Maipú

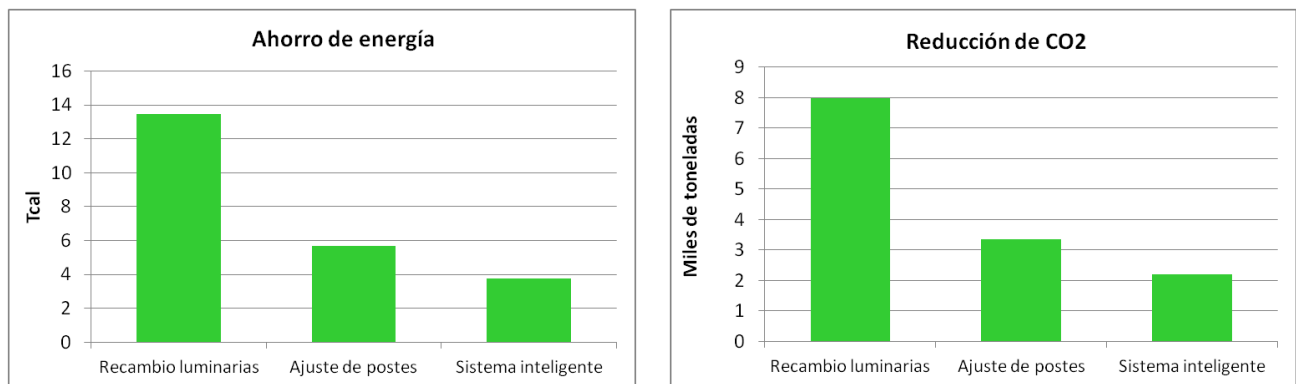
Esta sección presenta los resultados estimados de los ahorros de energía, reducciones de emisiones de CO₂, ahorro en pesos y costo efectividad de las medidas de eficiencia energética para cada uno de los sectores analizados. Como se planteó en la metodología, los resultados se muestran para los escenarios de precios de 2015 y 2017.

- **Sector alumbrado público (AP)**

Para este sector el recambio de luminarias es la medida de mayor beneficio en ahorro de energía y reducción CO₂. Le siguen el ajuste de condiciones de funcionamiento de los postes de alumbrado y la instalación de sistemas de gestión inteligente de horas de iluminación. La figura siguiente muestra el ahorro de energía y reducción de CO₂ de las medidas evaluadas bajo un horizonte de diez años.

Figura 8

Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público²



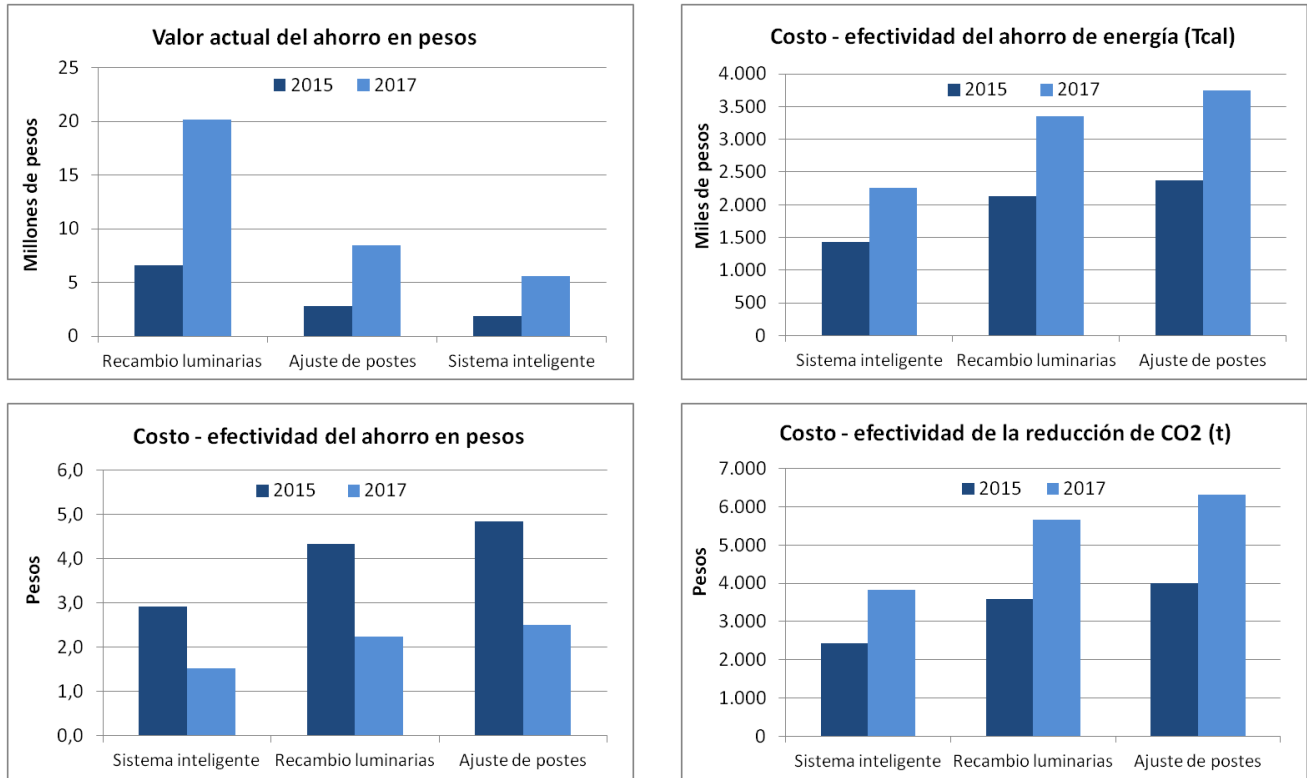
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con análisis económico, el sistema inteligente de gestión de horas de operación del alumbrado público agrupa los menores costos por unidad de energía ahorrada, peso ahorrado y CO₂ no emitido; condición que le otorga la mayor rentabilidad dentro de las medidas evaluadas para el sector. No obstante, el recambio de luminarias tiene el mayor ahorro en pesos al valor actual, siendo más favorable el escenario del año 2017. En la figura siguiente, se muestra el impacto económico potencial de las medidas consideradas para los escenarios de precios 2015 y 2017.

² Consultar anexo 1 para mayor información

Figura 9

Impacto económico de las medidas en el alumbrado público³



Fuente: Elaboración propia.

• Sector edificios públicos (EP)

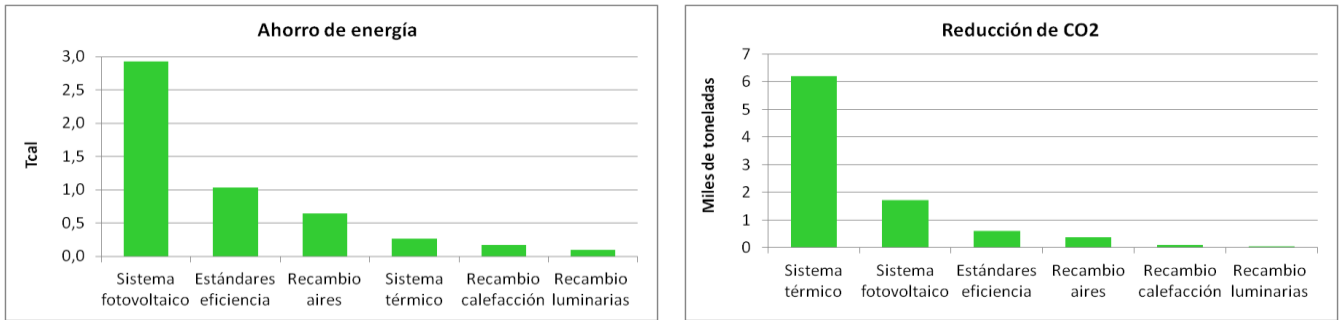
Para este sector el sistema fotovoltaico y el sistema solar térmico muestran los mayores beneficios energéticos y ambientales para el municipio. El primero de estos, agrupa el mayor potencial de ahorro de energía al reducir en más del 80% la demanda⁴ sobre el sistema actual; mientras que el sistema solar térmico tiene el mayor potencial de reducción de CO₂. La figura siguiente muestra el ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

³ Consultar anexo 1 para mayor información

⁴ Es de aclarar que el sistema fotovoltaico per se no reducirá el consumo de energía de los edificios públicos. El uso de esta tecnología permitirá reducir la demanda sobre sistema actual, que implicará para la municipalidad, una menor facturación por concepto de consumo de electricidad y mayor ahorro económico, que se traducirá en oportunidades de inversión para mejorar la prestación de servicios.

Figura 10

Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos⁵

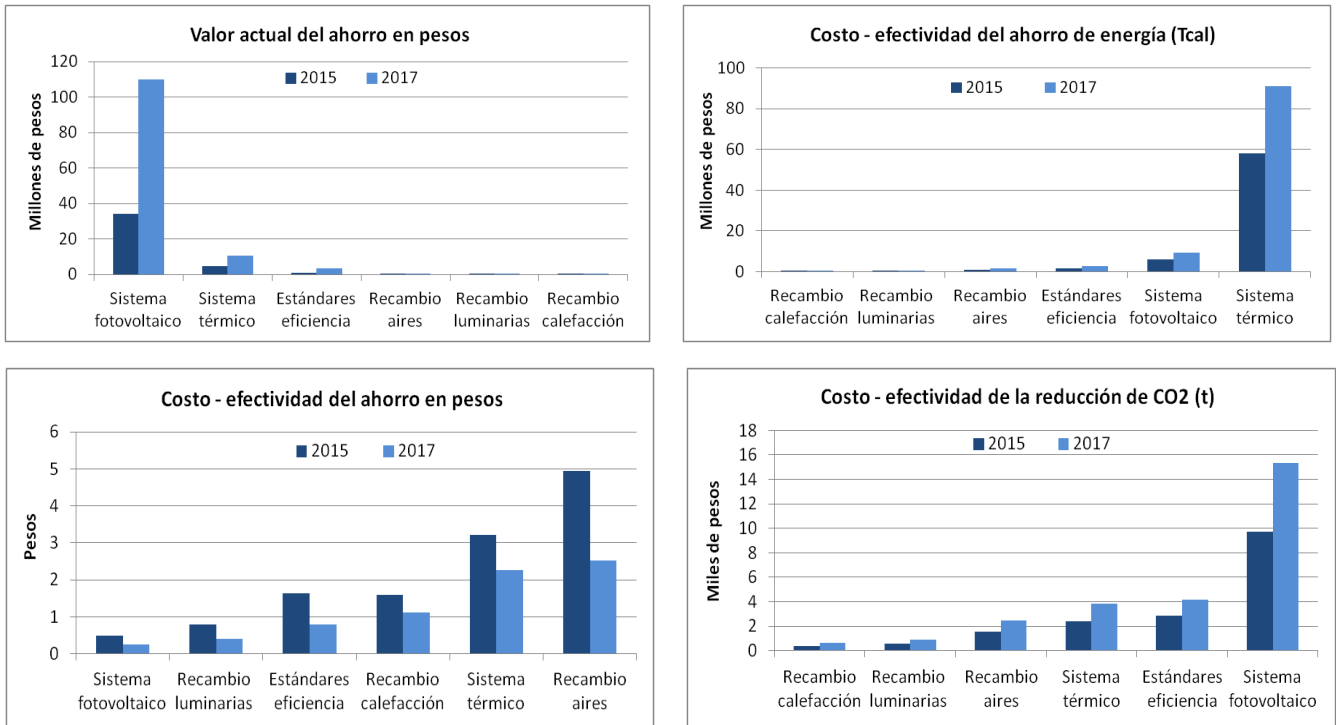


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican que el sistema fotovoltaico alcanza el mayor impacto de ahorro en pesos al valor actual y menor costo-efectividad del ahorro. No obstante, el recambio del sistema de calefacción y de luminarias, muestran ser las medidas más efectivas por su baja inversión por unidad de ahorro de energía y reducción de CO₂. En la figura siguiente se presenta el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para una de las medidas analizadas.

Figura 11

Impacto económico de las medidas en edificios públicos⁶



Fuente: Elaboración propia.

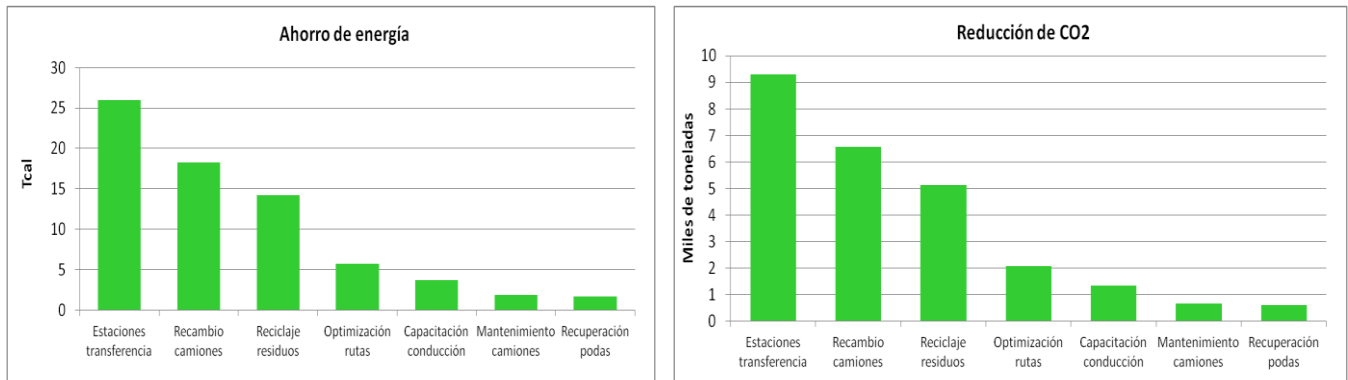
⁵ Consultar anexo 2 para mayor información

⁶ Consultar anexo 2 para mayor información

- **Sector residuos sólidos (RS)**

Para la gestión y disposición final de residuos sólidos, el uso de estaciones de transferencia representa el mayor ahorro de energía y reducción de contaminantes. Le sigue el recambio de camiones de la flota y el reciclaje de desechos. En la figura siguiente se muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

Figura 12 Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos⁷



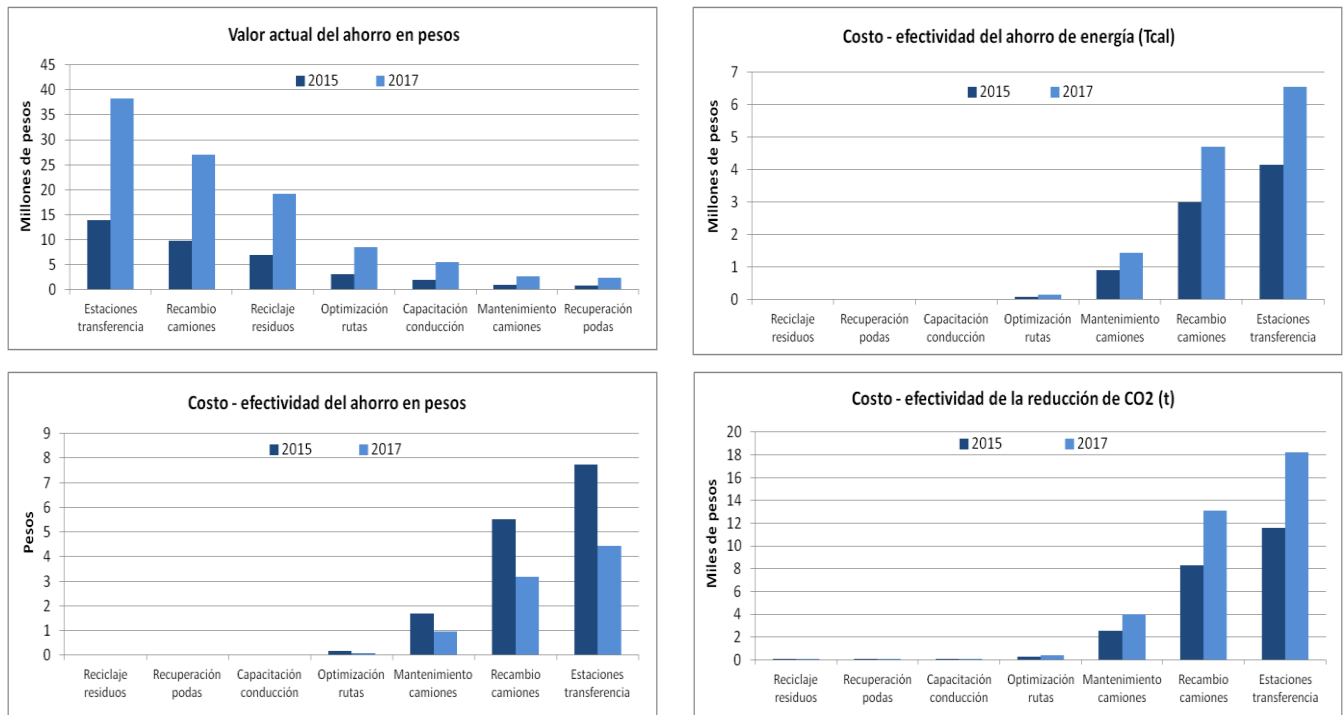
Fuente: Elaboración propia.

Del análisis económico se identifica a la estación de transferencia con el mayor ahorro en pesos al valor actual para el municipio. No obstante, el reciclaje de residuos muestra la mejor relación costo efectividad del ahorro de energía, ahorro en pesos y reducción de CO₂. Además, esta medida tiene la tasa interna de retorno más alta entre las medidas evaluadas para los escenarios 2015 y 2017. Se debe considerar que la rentabilidad del reciclaje de residuos supone como inversión el gasto generado por el transporte de residuos reciclables a centros de procesamiento, más no la construcción de plantas o la transformación de los residuos. La figura siguiente muestra el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para cada una de las medidas evaluadas.

⁷ Consultar anexo 3 para mayor información

Figura 13

Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos⁸



Fuente: Elaboración propia.

• **Sector transporte flota municipal (TFM)**

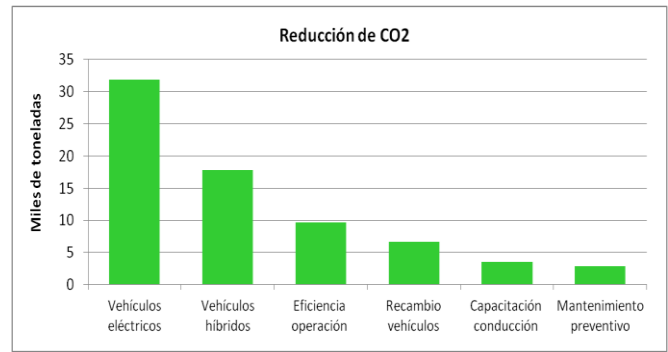
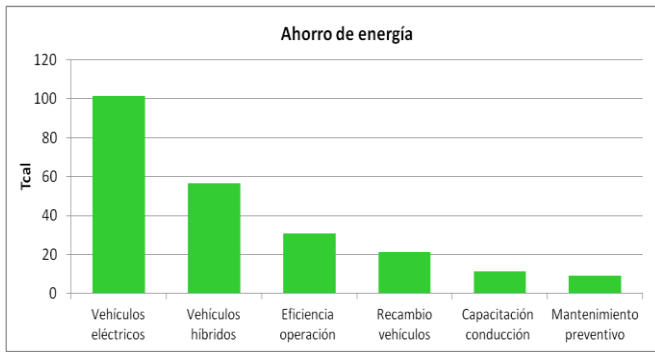
En este sector la medida de recambio de la flota municipal por vehículos eléctricos tiene el mayor impacto energético y ambiental para un escenario de 10 años. Le siguen el recambio por vehículos híbridos y la mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular. En la figura siguiente se muestra el impacto potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas analizadas.

Figura 14

Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal⁹

⁸ Consultar anexo 3 para mayor información

⁹ Consultar anexo 4 para mayor información

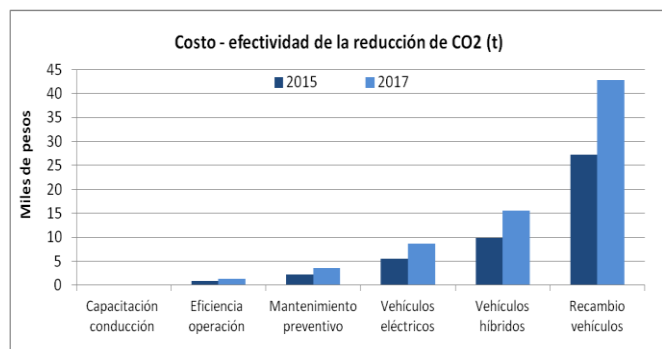
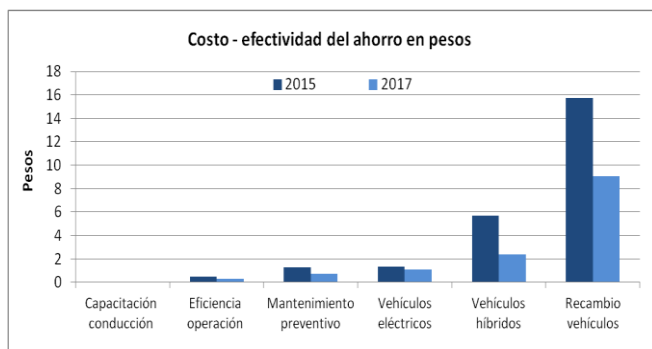
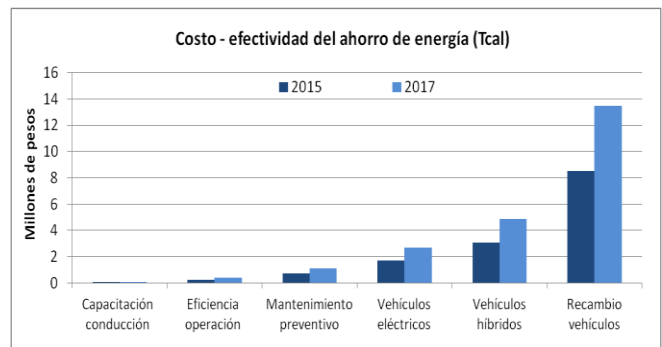
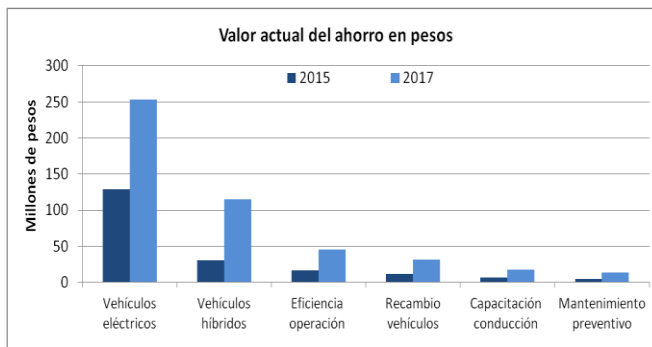


Fuente: Elaboración propia.

La evaluación económica indica que el recambio de la flota por vehículos eléctricos presenta el mayor ahorro para el presupuesto municipal al valor actual, siendo más favorable el escenario 2017. No obstante, la capacitación para la conducción eficiente muestra la mejor relación de costo-beneficio y retorno de inversión por unidad de ahorro de energía, disminución del gasto y reducción de emisiones de CO₂. Seguidamente, se destaca el mejoramiento de la eficiencia del uso de la flota vehicular. La figura siguiente muestra el impacto de las medidas evaluadas.

Figura 15

Impacto económico de las medidas en la flota municipal ¹⁰



Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ Consultar anexo 4 para mayor información

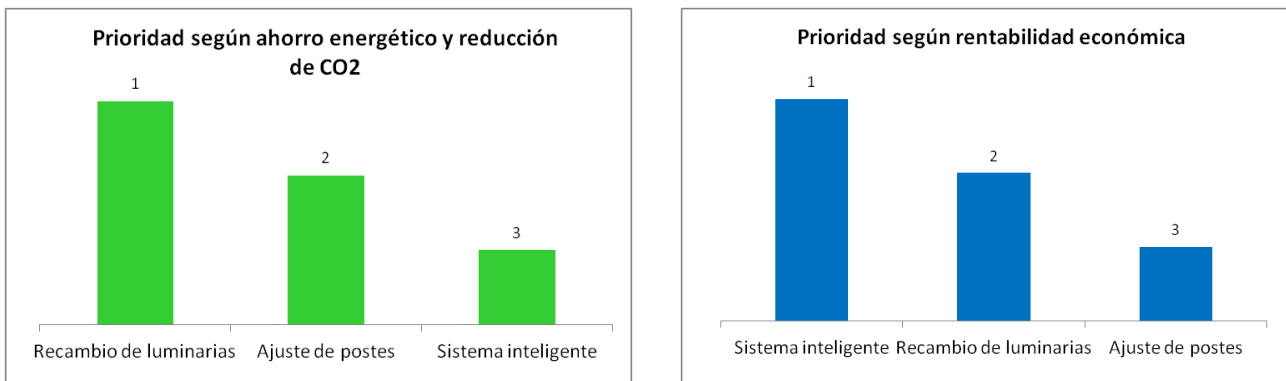
4.2. Priorización de las medidas

La priorización se basó en valorar las medidas con el mayor impacto positivo para el municipio al menor costo posible. Con este criterio, se disminuyó el nivel de prioridad para aquellas medidas que, a pesar de mostrar un alto potencial de reducción del consumo de energía y emisiones de CO₂, involucraban un alto costo por unidad de energía ahorrada o tonelada de CO₂ no emitida, y un largo período de retorno de inversión.

Para el caso del sector alumbrado público, la primera medida corresponde al recambio de luminarias, seguido del ajuste del funcionamiento de los postes de iluminación. Desde el punto de vista económico la instalación del sistema inteligente de operación es la medida más rentable, seguido del recambio de luminarias.

Figura 16

Priorización económica y energética de las medidas (AP)

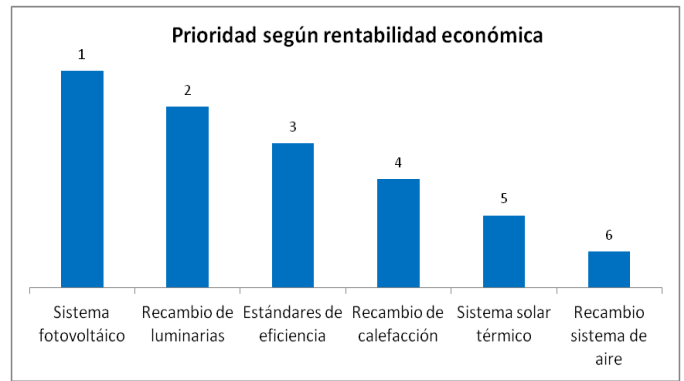
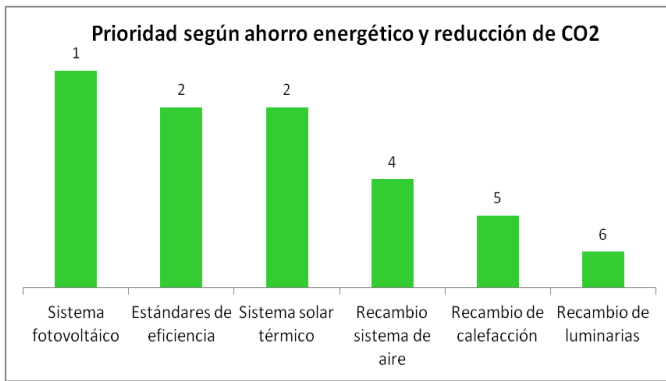


Fuente: Elaboración propia.

En el sector de edificios públicos, el mayor ahorro energético y reducción de CO₂ se presenta con implementación del sistema fotovoltaico, seguido del desarrollo del programa de estándares mínimos de eficiencia energética para la compra de artefactos y el sistema solar térmico. El sistema fotovoltaico muestra ser la medida más rentable, y le siguen el programa de recambio de luminarias y estándares mínimos de eficiencia energética.

Figura 17

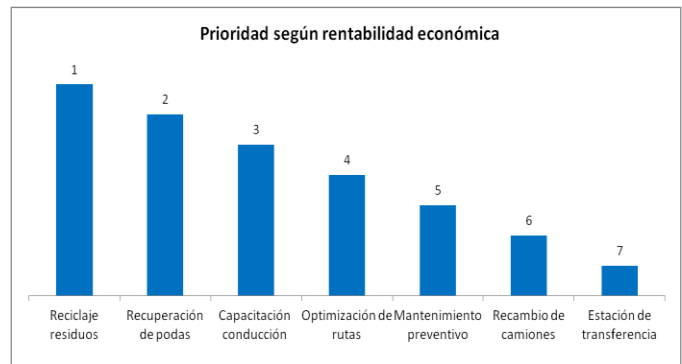
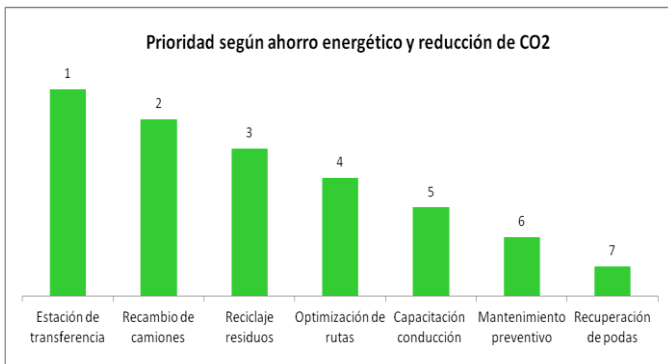
Priorización económica y energética de las medidas (EP)



Fuente: Elaboración propia.

Las estaciones de transferencia maximizarían el ahorro energético y minimizarían las emisiones de CO₂ en el sector residuos sólidos. A esta media le siguen el recambio de camiones de recolección y el reciclaje de residuos sólidos. No obstante, el reciclaje de residuos alcanza la mayor rentabilidad económica, seguida por la recuperación de energía de podas y la capacitación para la conducción eficiente de camiones de recolección.

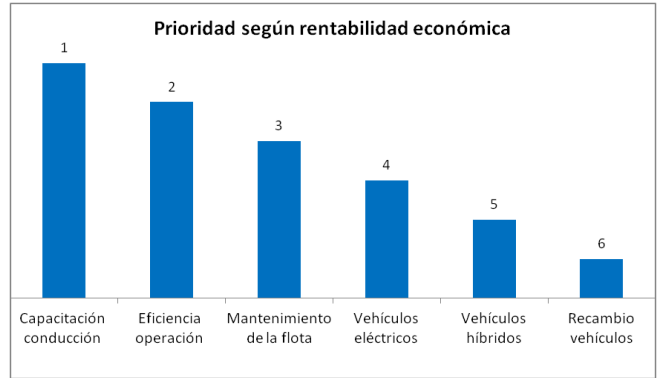
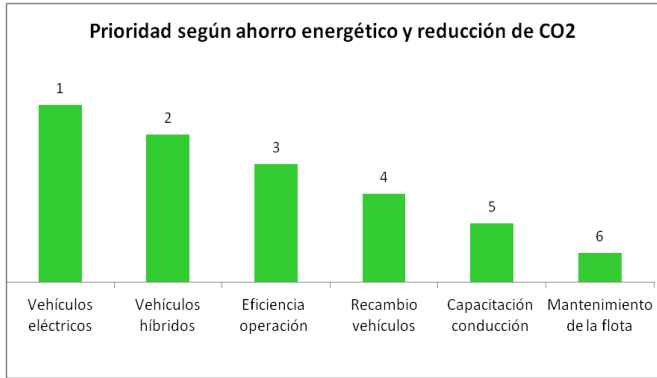
Figura 18 Priorización económica y energética de las medidas (RS)



Fuente: Elaboración propia.

Para el sector transporte municipal, el recambio de la flota por vehículos eléctricos es la medida más efectiva para incrementar el ahorro energético y reducir las emisiones de CO₂. Le sigue el recambio a vehículos híbridos y la mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular. Por su parte, la capacitación para la conducción eficiente de la flota vehicular resulta la medida más rentable, seguida del mejoramiento en la eficiencia de la operación y el mantenimiento de la flota.

Figura 19 Priorización económica y energética de las medidas (TFM)



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

La intervención del Estado en el control de tarifas de electricidad y combustibles por debajo de su valor real genera una importante barrera para financiar con los ahorros las medidas de eficiencia energética. Por ejemplo, las iniciativas de reemplazo de vehículos o la instalación de calefactores solares enfocadas al ahorro de combustibles líquidos y gas, no logran cubrir la inversión inicial en un horizonte de 10 años de vida del proyecto.

El diagnóstico destaca que las principales necesidades de mejoramiento o expansión de servicios en el municipio Maipú se concentran en los edificios públicos y la flota vehicular. Para los edificios públicos la instalación de sistemas fotovoltaicos ofrece los mejores beneficios económicos y de ahorro energético y reducción de CO₂, aunque el programa de estándares mínimos de eficiencia energética para la compra de artefactos es la segunda opción para el ahorro energético y el recambio de luminarias en cuanto a la rentabilidad. Por otra parte, para mejorar la flota municipal, la capacitación en conducción eficiente es la medida más rentable económicamente, aunque el recambio por vehículos eléctricos ofrece la mayor reducción de CO₂ y ahorro energético.

Del análisis de prioridades se observa que las medidas con rentabilidad más alta no necesariamente corresponden con aquellas que generan los mayores ahorros de energía y reducción de CO₂. Esto se observa principalmente en los sectores de residuos sólidos y flota de transporte municipal. A continuación se resumen las medidas de mayor prioridad por sector para el municipio.

Sector	Orden de prioridad por criterio	
	<i>Rentabilidad</i>	<i>Ahorro de energía y reducción de CO₂</i>
Alumbrado público	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema inteligente de gestión de horas de operación. 2. Recambio de luminarias 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recambio de luminarias. 2. Ajuste de postes de iluminación
Edificios públicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema fotovoltaico 2. Recambio de luminarias. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema fotovoltaico. 2. Programa de estándares de eficiencia energética para la compra de artefactos y sistema solar térmico
Residuos sólidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reciclaje de residuos. 2. Recuperación de energía de podas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estaciones de transferencia. 2. Recambio de camiones de recolección de residuos.
Flota transporte municipal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación en conducción eficiente 2. Mejora de la eficiencia de operación del parque actual de 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recambio de la flota por vehículos eléctricos. 2. Recambio de la flota por vehículos

	vehículos pesados	híbridos.
--	-------------------	-----------

Si bien el reciclaje de residuos y la recuperación de energía de podas se encuentran entre las medidas de mayor prioridad para el sector residuos sólidos, se recomienda evaluar su viabilidad técnica, ya que el éxito de esta medida supone la existencia de plantas de recuperación o transformación cercanas al municipio (o por lo menos plantas de transferencia).

Para futuros análisis de priorización de medidas se recomienda incluir una componente de impacto social para ajustar la ponderación de la rentabilidad económica respecto al potencial de reducción de consumo de energía y emisiones de CO₂.

La implementación de medidas de eficiencia energética enfrenta barreras institucionales, técnicas y económicas. A continuación, se resumen los elementos más relevantes de cada una.

	Barreras
Institucionales	Largos procesos para la toma de decisión y desarrollo de licitaciones para la implementación de medidas de eficiencia energética
	Interés focalizado hacia reducir el gasto, en lugar de disminuir el consumo de energía y/o de emisiones contaminantes
	Escaso acceso a la información sobre los beneficios y oportunidades que ofrece la eficiencia energética
Técnicas	Escasa información actualizada y de alta calidad sobre el consumo de energía de las distintas dependencias municipales. Existe una amplia desagregación de la información entre distintas entidades que dificulta su acceso oportuno
	Discrepancia de la información. La información carece de sistematización y control de calidad, por lo que presenta discordancias al momento de analizarla
	Escasas capacidades técnicas para la preparación de licitaciones e implementación de las medidas de eficiencia energética
Económicas	Baja rentabilidad de las medidas asociado al bajo costo de la energía y alta inversión inicial que requieren ciertas medidas

Para la implementación de las medidas se recomienda hacer un análisis de factibilidad. Este análisis, además de realizar la ingeniería del proyecto y la evaluación de impactos sociales y ambientales, podría identificar las barreras de implementación, financiamiento y monitoreo. En la evaluación se pueden identificar los posibles modelos de negocio para su financiamiento, que incluyan, entre otros, la formación de asociaciones público - privadas.

Por otra parte, se sugiere que la municipalidad prepare y ejecute una hoja de ruta para la elaboración de ordenanzas que apoyen el desarrollo del mercado de eficiencia energética. También, se considera relevante la definición de un marco regulatorio que impulse (dentro y fuera de la municipalidad) la adopción de medidas de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO₂.

Además, se recomienda centralizar la recolección de la información, y asignar dentro de la municipalidad su sistematización y control de calidad. La gestión de datos del sector energía requiere de personal capacitado, que lleve el registro del consumo de energía de las dependencias y servicios municipales, y que elabore auditorías y reportes de desempeño energético. Además, se sugiere crear un sistema de información de eficiencia energética de acceso público que permita promover la participación ciudadana.

Unido a lo anterior, se recomienda desarrollar programas de capacitación en la gestión de la información. Estos programas, además de contribuir con mejorar la calidad de la información, generarían las capacidades técnicas para incluir criterios de eficiencia energética en la preparación y evaluación de licitaciones públicas.

Referencias

DEIE. 2012. Maipú, Mendoza 1991 - 2012. Sistema Estadístico Municipal. Dirección de Estadística e Investigaciones Económicas. Gobierno de Mendoza. Disponible en: http://www.deie.mendoza.gov.ar/publicaciones/menu_publicaciones.asp?filtro=Publicaciones%20Municipales

EPAS. 2017. Operadores de los servicios. Operadores comunitarios y comerciales. Secretaría de Servicios Públicos, Ente Provincial de Agua y Saneamiento. Gobierno de Mendoza. Disponible en: <http://www.epas.mendoza.gov.ar/index.php/operadoreslink>

Gobierno de Mendoza. 2017. Eficiencia Energética. Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía. Disponible en: <http://energia.mendoza.gov.ar/eficiencia-energetica/>

INDEC. 2017. Censo 2010. Cuestionario ampliado. Base de Datos REDATAM. Instituto de Estadística y Censos. República de Argentina. Disponible en: <http://www.indec.gob.ar/>

INDEC. 2017b. Mapas temáticos censo 2010 (GeoCenso). Instituto de Estadística y Censos. República de Argentina. Disponible en: <http://www.sig.indec.gob.ar/censo2010/>

MEM. 2017a. Informes estadísticos del sector eléctrico (anuales). Distribución de energía eléctrica facturada y cantidad de usuarios por tipo y por jurisdicción provincial. Ministerio de Energía y Minería, Argentina. Disponible en: <https://www.minem.gob.ar/>

MEM. 2017b. Eficiencia energética. Ministerio de Energía y Minería. Secretaría de Planeamiento Energético. Disponible en: <https://www.minem.gob.ar/planeamiento-energetico/eficiencia-energetica/index.html>

UNCuyo. Producto Bruto Geográfico per cápita. En base a datos de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNCuyo junto con la Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas (DEIE). Disponible en: <http://www.politicaspUBLICAS.uncu.edu.ar/reporte/grafico/298>

Anexo 1. Análisis de impacto de medidas del sector alumbrado público (AP)

Medida 1. Recambio de luminarias: bajo un escenario promedio consiste en sustituir la composición actual de luminarias a: 52% tecnología LED, 40% sodio de alta presión y 8% vapor de mercurio. Para un escenario optimista se plantea alcanzar la siguiente composición tecnológica: 80% LED, 15% sodio de alta presión y 5% de vapor de mercurio.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 14 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 8.289 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 20 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 22 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 12.796 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 32 millones de pesos (año 2017).

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.066.956 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 3.492 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 4,21 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al emplear los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado disminuye a 2,18 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista del año 2015 cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.709.261 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.887 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 3,48 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado disminuye a 1,8 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo, con una tasa interna de retorno (TIR) de 1,99% y un período de recuperación de la inversión (PRI) mayor a 10 años. Esta misma medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

Se considera importante agregar al análisis cuantitativo una valoración del beneficio social en seguridad y calidad de servicio que supone la modernización del sector. Con lo anterior, se podría reordenar la priorización de las medidas.

Medida 2. Sistema inteligente de gestión de horas de operación: consiste en la instalación de tecnologías para la automatización del encendido y apagado de las luminarias. Para un escenario promedio se plantea como meta la operación del sistema a un máximo de 3.050 horas por año, mientras que para el escenario optimista se aspira reducir las horas de servicio a 2.800 horas anuales.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 4 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 2.222 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 5 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 6 Tcal y

reducir las emisiones de CO₂ a 3.398 toneladas, con un ahorro en valor presente de 8,5 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad del recambio de luminarias de alumbrado público, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.430.530 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.417 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2,91 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 1,51 pesos. Para el análisis optimista a precios de electricidad y combustibles de 2015, cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 935.418 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.580 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,9 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,99 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida, con una tasa interna de retorno (TIR) de 18% y un período de recuperación de la inversión (PRI) mayor a diez años. Igualmente, no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

Medida 3. Ajuste de altura, distancia entre postes y reducción de watts por poste: consiste en la aplicación de una serie de ajustes de altura, distancia y potencia en cada poste para alcanzar, bajo un escenario promedio, una reducción del consumo de electricidad del 20% en luminarias instaladas de sodio de alta presión y haluro metálico. Bajo un escenario optimista se plantea alcanzar un ahorro del 30% para estas mismas tecnologías.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 6 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 3.361 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 8,4 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 9 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.042 toneladas, con un ahorro en valor presente de 12,7 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad del recambio de luminarias de alumbrado público, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.374.924 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 4.012 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 4,83 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 2,50 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.472.551 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 4.012 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 3,00 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 1,55 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo, muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 0,17%, con período de recuperación de la inversión (PRI) superior a 10 años. De igual manera,

la medida resulta no rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR de -12,08% y un PRI mayor a 10 años.

De manera similar al recambio de luminarias, la aplicación de esta medida, mejorará la percepción de seguridad e imagen del municipio. En consideración de lo anterior, se recomienda valorar el beneficio social en seguridad y calidad de servicio para integrarlo como criterio adicional en la priorización de las medidas.

Anexo 2. Análisis de impacto de medidas del sector edificios públicos (EP)

Medida 1. Programa de recambio de luminarias incandescentes: para un escenario promedio consiste en la sustitución del 100% de las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas. Bajo un escenario optimista se considera que la mitad del total de las luminarias instaladas se componen por tecnología LED y la otra a lámparas fluorescentes compactas.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,03 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 18 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 63 mil pesos. Bajo un escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,24 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 140 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 275 mil pesos.

Los resultados del costo-efectividad, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 917.876 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.551 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,31 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios del 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,67 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 232.705 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 393 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,61 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,31 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, con una TIR de 47,1% y un PRI cercano a tres años. Esta misma medida aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 25,0% y un PRI menor a siete años.

Además del beneficio económico, la sustitución de luminarias incandescentes en edificios públicos mejorará el confort de los usuarios, y por consiguiente la productividad de los funcionarios que hacen uso de los edificios municipales. Por esta razón, es recomendable hacer una valoración estos beneficios para integrarlos como criterio adicional en la priorización de las medidas.

Medida 2. Incluir criterios de estándares mínimos de eficiencia energética para la compra de artefactos eléctricos: consiste en un escenario promedio de adquisición de equipos eléctricos con eficiencia energética categorizada por el programa nacional de etiquetado como tipo C para refrigeradores, congeladores, acondicionadores de aire y balastos para lámparas fluorescentes, y A+ para lámparas fluorescentes compactas. Para el escenario optimista, se supone que todos los artefactos cumplen con el desempeño A, a excepción de las lámparas fluorescentes que alcanzan una clasificación de A++.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,88 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 521 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 2,7

millones de pesos. Para el escenario optimista, la medida podría incrementar el ahorro a 1,54 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 913 toneladas, con un ahorro en valor presente de 5,2 millones de pesos.

Los resultados indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1,3 millones de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 3.290 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,93 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,93 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2 millones de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.316 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,22 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,60 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, con una TIR de 24,2%, y un PRI menor a 8 años. Para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, la medida no resulta rentable.

La sustitución de los artefactos eléctricos, además de mejorar el confort de los espacios de trabajo, permitiría mejorar la competitividad del municipio. Por esta razón es recomendable hacer una valoración de los beneficios cuantitativos para integrarlos como criterio adicional en la priorización de las medidas.

Medida 3. Programa de recambio de equipos de aire acondicionado: para el escenario promedio, consiste en la sustitución del 50% de los equipos de aire acondicionado tipo split fabricados antes del año 2008 por equipos nuevos con eficiencia de clase A. En un escenario optimista, la medida aspira que el total de los equipos haya sido fabricado después del año 2012 y que cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,62 Tcal y reducción de 369 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 352 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,89 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 527 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 520 mil pesos.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 939.675 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.587 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 5,07 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 2,14 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 803.591 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.357 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 4,18 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 2,14 pesos.

Para ambas condiciones analizadas (2015, 2017), la medida resulta no rentable, con valores actuales netos y tasas internas de retorno negativas

Medida 4. Programa de recambio de equipos de calefacción: para el escenario promedio se contempla la sustitución del 50% de los sistemas de calefacción de 3.000 kcal/hora fabricados antes del año 2008 por equipos nuevos con eficiencia clase A. En un escenario optimista, la medida aspira a que el 80% de los equipos haya sido fabricado después del año 2012 y que cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,17 Tcal y reducción de 99 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 54 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,27 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 158 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 88 mil pesos.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 233.711 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 395 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,60 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,74 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 155.843 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 263 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 1,06 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,74 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo y tiene una TIR de 15,7%. Mientras que, para las tarifas de electricidad del año 2015, su VAN es negativo y su TIR es de 6,6%.

Medida 5. Sistema solar térmico: para un escenario promedio consiste en aprovechar 50% las superficies disponibles de techumbre de los edificios para la instalación de sistemas de calentamiento solar, y sustituir los sistemas que funcionan a gas, mientras que, para el escenario optimista, se proyecta el uso de la totalidad de las superficies disponibles en las techumbres.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,24 Tcal y reducción de 5.809 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 9,8 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,49 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 11.619 toneladas, con un ahorro en valor actual neto de 19,6 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 57.889.271 millones pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.421 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 3,21 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se

reduce a 2,25 pesos. Es importante destacar que para el escenario optimista los valores de costo efectividad se mantendrían iguales al promedio.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es 1,9%. Bajo las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015., el VAN sigue siendo negativo y su TIR de -6,2%.

A pesar del ahorro energético que representa la medida, el bajo costo del gas en el país impide que los ahorros monetarios que resulten de la instalación de este tipo de tecnologías sean suficientes para cubrir los costos de inversión en un horizonte de 10 años de vida del proyecto.

Medida 6. Sistema fotovoltaico: en un escenario promedio consiste en la instalación de paneles fotovoltaicos en el 5% de las superficies de techumbre de oficinas, 20% en edificios culturales y 1% de los edificios recreacionales. En un escenario optimista, se contempla el uso de la totalidad de las superficies disponibles en las techumbres para generar electricidad.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,30 Tcal y reducción de 179 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 13,1 millones de pesos. Para el escenario optimista, se podría incrementar el ahorro a 8,33 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 4.934 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 310 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.860.509 de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.900 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,41 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,21 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.759.536 de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.729 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 0,50 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,24 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 69%. Esta misma medida resulta rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 38,4%.

Anexo 3. Análisis de impacto de medidas del sector residuos sólidos (RS)

Medida 1. Estaciones de transferencia: consiste en la instalación de la infraestructura necesaria para transferir los residuos sólidos recolectados a camiones de mayor capacidad para su disposición final. En un escenario promedio se supone que las estaciones de transferencia se encontrarán a una distancia máxima de 45 kilómetros de los principales puntos de recolección del municipio, mientras que para un escenario optimista se supone que esta distancia será de 27 kilómetros.

Del análisis se desprende que el municipio no cuenta con una intensidad de uso de las estaciones de transferencia suficiente como para alcanzar un retorno de inversión en 10 años de vida del proyecto. En consideración de lo anterior, no sería rentable desarrollar esta medida de forma individual para ninguno de los escenarios planteados.

Se recomienda analizar la rentabilidad de esta medida integrando varios municipios que pudieran beneficiarse de forma conjunta de la estación de transferencia. Esta evaluación podría estimar la reducción del gasto diferenciado por municipio producto de la reducción de la distancia recorrida por los camiones y la optimización del uso de la infraestructura y flota vehicular.

Medida 2. Capacitación en conducción eficiente: consiste en desarrollar un programa de capacitación para los conductores de los camiones de recolección a fin de hacer de su conocimiento las técnicas de conducción para reducir el consumo del combustible de los vehículos de carga. En base a la experiencia internacional, la capacitación de los conductores de camiones de recolección puede reducir en 10% el consumo de combustible del sector. En el escenario promedio se plantea capacitar al 65% de los conductores de la flota de camiones de recolección, y expandir el alcance del programa al 100% de los conductores para el caso del escenario optimista.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 3,74 Tcal y reducción de 1.343 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 5,5 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 5,76 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 2.065 toneladas, con un ahorro en valor presente de 8,4 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 15.855 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 44 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,029 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,017 pesos. Para el escenario optimista y tarifas del 2015, la medida exhibe iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanzó el 945%. Resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de

electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 754%. En ambos casos los periodos de recuperación de la inversión están cercanos al año.

En referencia a su impacto social, la aplicación de la medida permitiría mejorar la seguridad y optimización del servicio de recolección de residuos.

Medida 3. Mantenimiento de camiones de recolección de residuos: consiste en realizar el mantenimiento oportuno de camiones (cambio de filtros y lubricantes) a fin de reducir el consumo de combustible. En base a la experiencia internacional, la aplicación de esta medida puede reducir el consumo de combustible en 5%. En el escenario promedio se plantea cumplir con el mantenimiento del 65% de los vehículos, mientras que para el escenario optimista la totalidad de los vehículos reciben el mantenimiento sugerido por el fabricante.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 1,87 Tcal y reducción de 149 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente de 2,7 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 2,88 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.033 toneladas, y un ahorro en valor presente de 4,2 millones de pesos.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 909.945 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.537 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,69 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,97 pesos. El escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, con TIR de 19% y un PRI cercano a 10 años, mientras que, para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, mostró un VAN negativo y una TIR del 5%.

Dado el bajo costo del combustible en Argentina, el mantenimiento de camiones tiene una baja rentabilidad para un período de 10 años de vida del proyecto. No obstante, es importante mencionar que el mantenimiento es esencial para el correcto funcionamiento de los vehículos y, en caso de no efectuarse, los camiones de recolección corren el riesgo de presentar averías y detenciones no planificadas. En consideración de lo anterior se recomienda que, a pesar del bajo retorno de la inversión, los municipios realicen planes de mantenimiento preventivo a su flota de camiones.

Por otra parte, el presente análisis excluye los costos de detención de maquinaria y la cuantificación de posibles perjuicios para la municipalidad producto de las averías en la flota de camiones.

Medida 4. Recambio de camiones de recolección de residuos: consiste en la sustitución de los camiones de recolección existentes por camiones con mejor rendimiento en el consumo de combustible. Para el escenario promedio se supone el recambio del 66% de la flota que tiene una

antigüedad mayor a seis años. Dentro del total de vehículos a recambiar la mitad de estos se sustituirían por camiones de tecnología diésel y el resto por tecnología de gas natural comprimido (GNC). Para el escenario optimista se contempla el recambio de la totalidad de los vehículos que sobrepasan seis años de antigüedad por camiones de tecnología GNC.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio para un horizonte de 10 años muestra un potencial de ahorro de energía de 17,4 Tcal y reducción de 6.240 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 25,7 millones de pesos. Para el escenario optimista se podría incrementar el ahorro a 29,89 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 10.722 toneladas, con un ahorro en valor presente de 44,2 millones de pesos.

Los resultados de la evaluación del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 3.039.469 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 8.474 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 6 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 3 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.887.429 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 8.050 y el costo de cada peso ahorrado es de 5 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su TIR es de -3%. Siendo el análisis para el año 2015 aún más desfavorable.

Dado el bajo costo del combustible en Argentina, el recambio de camiones de antigüedad superior a seis años muestra una baja rentabilidad para un período de 10 años de vida del proyecto en comparación con otros países. No obstante, es importante considerar los beneficios adicionales para la prestación del servicio de recolección producto de la reducción de la tasa averías y detenciones programadas. El presente análisis excluye los costos de detención de maquinaria y la cuantificación de posibles perjuicios para la municipalidad producto de las averías en la flota de camiones.

Medida 5. Optimización en la selección de rutas de recolección de residuos: consiste en el rediseño de las rutas de recolección para minimizar el tiempo y distancia de recorrido de los camiones recolectores. Se plantea un único escenario que tiene por objetivo reducir en 10% la distancia total recorrida por camión de recolección.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 5,76 Tcal y reducción de 2.065 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 8,4 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad, indican que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 94.816 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 264 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,18 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,1 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR alcanza 166%. De igual manera, para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, el VAN es positivo y su TIR del 126%. En ambos casos los periodos de recuperación de la inversión se acercan al año.

La optimización de las rutas de recolección de residuos, además de un beneficio económico, mejoraría la cobertura y periodicidad del servicio de recolección de residuos. Esto genera beneficios sociales y ambientales que apoyarían la justificación de la medida en los municipios donde no es rentable su implementación.

Medida 6. Recuperación de energía de podas: consiste en el transporte de los residuos vegetales a un centro de recuperación de energía cercana a la zona de recolección. Esta medida supone como inversión el transporte de residuos vegetales hasta una zona de acumulación de desechos de origen vegetal dentro del municipio y el arriendo de una máquina trituradora de desechos vegetales. En un escenario promedio se plantea trasladar el 65% del volumen total de las podas para reducir el recorrido final de los camiones de recolección de residuos. En un escenario optimista se plantea el traslado a centros de recuperación del total de las podas que se envían actualmente a rellenos sanitarios.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 1,70 Tcal y reducción de 608 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 2.498.759 pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 2,61 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 936 toneladas, con un ahorro en valor presente de 3.844.244 pesos.

Los resultados del análisis del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.063 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 6 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,004 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,002 pesos. Por otra parte, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado. Es importante notar que la medida resulta rentable siempre y cuando se cuente (sin costo adicional) con los mecanismos para el procesamiento y distribución de la biomasa resultante de las podas. Esto hace que la recuperación de la inversión sea en un periodo no mayor a un año.

Medida 7. Reciclaje de residuos: consiste en la clasificación y reutilización de los residuos sólidos que serán enviados a su disposición final. La medida busca reducir el número de recorridos de los camiones de recolección. Esta medida supone como inversión el gasto generado por el transporte de residuos reciclables a centros de procesamiento, más no la construcción de plantas o la transformación de los residuos. En un escenario promedio se plantea trasladar el 55% del volumen total de los residuos recuperados para reducir el recorrido final de los camiones de recolección y

generar un ahorro estimado del 22% en consumo de combustible. En un escenario optimista se plantea el traslado a centros de recuperación del 80% de los residuos recuperados.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 14,25 Tcal y reducción de 5.112 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 19,1 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro de energía a 20,73 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 7.435 toneladas, con un ahorro en valor presente de 27,8 millones de pesos.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.870 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 5 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,004 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,002 pesos. Por otra parte, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado. Es importante notar que la medida resulta rentable siempre y cuando cuente con los mecanismos que permitan gestionar otros usos a este tipo de residuos.

Anexo 4. Análisis de impacto de medidas del sector transporte - flota municipal (TFM)

Medida 1. Capacitación en conducción eficiente de los vehículos de flota municipal: consiste en desarrollar un programa capacitación para los conductores de vehículos de recolección de residuos sólidos a fin de darles a conocer técnicas de conducción para reducir el consumo del combustible de los vehículos que conforman la flota de propiedad municipal. En base a la experiencia internacional, la capacitación de los conductores de vehículos puede reducir en 10% el consumo de combustible del sector. En un escenario promedio se aspira capacitar al 65% de los conductores de la flota de municipal, y expandir el alcance al 100% para el caso del escenario optimista.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 11,18 Tcal y reducción de 3.514 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 17,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 17,21 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.406 toneladas, con un ahorro en valor presente de 26,5 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad de la capacitación en conducción eficiente indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 37.267 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 119 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,07 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,04 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR es de 427%. Esta misma medida resulta aún rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, con una TIR del 336%.

Desde el punto de vista ambiental, la aplicación de esta medida permitirá reducir las emisiones de gases de CO₂. Además, se observa que la condición eficiente podría contribuir con la mejora de la calidad y seguridad de los servicios que presta la municipalidad.

Medida 2. Mantenimiento preventivo de la flota vehicular municipal: consiste en realizar el mantenimiento oportuno de la flota vehicular (cambio de filtros y lubricantes) para mantener la eficiencia de consumo de combustible reportada por el fabricante. En base a la experiencia internacional, la aplicación de esta medida puede reducir el consumo de combustible en 5%. En el escenario promedio se plantea cumplir con el mantenimiento del 65% de los vehículos, mientras que

para el escenario optimista la totalidad de los vehículos reciben el mantenimiento sugerido por el fabricante.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 8,95 Tcal y reducción de 2.811 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 13,8 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro de energía a 13,76 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 4.325 toneladas, con un ahorro en valor presente de 21,2 millones de pesos.

Los resultados del análisis del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 716.349 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.280 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,27 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado disminuye a 0,73 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo las condiciones de precios del año 2017, el valor actual neto es positivo y su TIR es 26%. Analizando el escenario para el año 2015, la medida tiene un VAN negativo y una TIR de 12%.

Dado el bajo costo del combustible en Argentina, el mantenimiento los vehículos de la flota municipal exhibe una baja rentabilidad para un período de 10 años de vida del proyecto en comparación con otros países. No obstante, es relevante considerar que el mantenimiento de la flota es esencial para el correcto funcionamiento de los vehículos y, en caso de no efectuarse, estos estarían propensos a constantes averías y detenciones. En consideración de lo anterior se recomienda que, a pesar del bajo retorno de la inversión, los municipios realicen planes de mantenimiento preventivo a su flota vehicular.

Medida 3. Recambio de vehículos de carga pesada: consiste en la sustitución de los vehículos existentes por camiones nuevos de similares características y con mejor rendimiento en el consumo del combustible. Para el escenario promedio se suponen el recambio del 66% de la flota que tiene una antigüedad mayor a seis años. Dentro del total de vehículos a recambiar la mitad de estos se sustituirían por camiones de tecnología diésel y el resto por tecnología de gas natural comprimido (GNC). Para el escenario optimista se propone el recambio de la totalidad de los vehículos que sobrepasan seis años de antigüedad por camiones de tecnología GNC.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 19,08 Tcal y reducción de 5.994 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 28,3 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 38,49 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 12.092 toneladas, con un ahorro en valor presente de 57,3 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad de recambiar los camiones de recolección de residuos indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 9.253.042 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 29.451 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 17,09

pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 9,82 pesos. El escenario optimista al año 2015, indica que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 7.481.941 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 23.814 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 13,76. Para el caso del año 2017, este último se reduce a 7,91.

Bajo las condiciones 2015 y 2017, el valor presente neto y la TIR son negativos para esta medida.

Los resultados muestran que la principal limitante para la aplicación de esta medida proviene de los altos costos que suponen la inversión respecto al bajo retorno de la inversión proveniente del ahorro de combustible. En Argentina, los subsidios a los precios de los combustibles dificultan el retorno de la inversión en este tipo de medidas bajo un horizonte de 10 años de vida del proyecto.

Medida 4. Mejora de la eficiencia de operación del parque actual de vehículos pesados: incluye el diseño de rutas eficientes y la mejora en la oferta de servicios, que para el caso del transporte de pasajeros comprende la óptima selección del número de vehículos y rutas de servicio. En base a la reducción de los kilómetros recorridos se plantea como único escenario alcanzar ahorrar 25% del consumo de combustible.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo el escenario planteado muestra un potencial de ahorro de energía de 30,79 Tcal y reducción de 9.674 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 45,3 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 251.793 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 801 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,47 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,27 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es de 68%. Esta misma medida tiene un VAN positivo para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015 y con una TIR del 46%.

Medida 5. Recambio de la flota por vehículos híbridos: consiste en la sustitución de los vehículos existentes por vehículos que combinan su funcionamiento con motores de combustión interna y motores eléctricos. Para el escenario promedio se supone el recambio del 65% de la flota vehicular, mientras que el escenario optimista propone el recambio de la totalidad de los vehículos.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 56,61 Tcal y reducción de 17.787 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 115,3 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 87,10 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 27.364 toneladas, con un ahorro en valor presente de 177,4 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 3.087.275 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.826 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 5,69 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 2,39 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es de 1%. Igualmente, para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, su VAN es negativo y su TIR del -14%.

Medida 6. Recambio de la flota por vehículos eléctricos: consiste en la sustitución de los vehículos existentes por vehículos que funcionan con motores eléctricos. Para el escenario promedio se supone el recambio del 65% de la flota vehicular, mientras que el escenario optimista propone el recambio de la totalidad de los vehículos.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 101,59 Tcal y reducción de 31.917 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 254,3 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 156,29 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 49.103 toneladas, con un ahorro en valor presente de 366,1 millones de pesos.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.718.567 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 5.470 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,36 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se incrementa a 1,08 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada y la tonelada de CO₂ reducida, no obstante los costos por cada peso ahorrado se incrementan a 1,70 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 1,16 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su TIR sería de 16%. De igual manera, para el análisis para el año 2015 refleja un VAN negativo y una TIR de 10%.