



DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MUNICIPIO GUAYMALLÉN

Enero de 2018



Índice

| | |
|--|-----|
| Agradecimientos | v |
| Antecedentes | vii |
| Introducción..... | ix |
| 1. Municipio Guaymallén en cifras..... | 11 |
| 2. Metodología del diagnóstico en municipios..... | 14 |
| 3. Consumo de energía del municipio | 17 |
| 3.1. Alumbrado público (AP)..... | 17 |
| 3.2. Residuos sólidos (RS)..... | 20 |
| 3.3. Agua potable y residual (APR)..... | 22 |
| 3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM)..... | 24 |
| 3.5. Edificios públicos (EP)..... | 25 |
| 4. Medidas de eficiencia energética..... | 28 |
| 4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio de Guaymallén | 29 |
| • Sector alumbrado público (AP)..... | 29 |
| • Sector edificios públicos (EP)..... | 30 |
| • Sector residuos sólidos (RS)..... | 31 |
| • Sector transporte flota municipal (TFM)..... | 33 |
| 4.2. Priorización de las medidas..... | 34 |
| 5. Conclusiones y recomendaciones..... | 38 |
| Referencias..... | 41 |
| Anexo 1. Análisis de impacto de medidas del sector alumbrado público (AP)..... | 42 |
| Anexo 2. Análisis de impacto de medidas del sector edificios públicos (EP)..... | 45 |
| Anexo 3. Análisis de impacto de medidas del sector residuos sólidos (RS)..... | 50 |
| Anexo 4. Análisis de impacto de medidas del sector transporte - flota municipal (TFM)..... | 56 |

Índice de figuras

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | <i>Evolución del consumo de electricidad en el municipio Guaymallén</i> | 12 |
| Figura 2 | <i>Distribución de tecnologías para alumbrado público</i> | 17 |
| Figura 3 | <i>Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público</i> | 18 |
| Figura 4 | <i>Comparativo de emisiones de CO₂ por luminaria en municipios</i> | 19 |
| Figura 5 | <i>Composición de residuos sólidos de Guaymallén</i> | 20 |
| Figura 6 | <i>Rendimiento del consumo de combustible por municipio</i> | 21 |
| Figura 7 | <i>Distribución de antigüedad de las bombas del sistema de abastecimiento de aguas</i> | 23 |
| Figura 8 | <i>Distribución porcentual por tipo de vehículo de la flota municipal</i> | 24 |
| Figura 9 | <i>Kilómetros promedios viajados de la flota por tipo de vehículo al año</i> | 25 |
| Figura 10 | <i>Distribución de tecnologías de iluminación en edificaciones municipales</i> | 26 |
| Figura 11 | <i>Distribución de tecnologías de AC en edificaciones municipales</i> | 26 |
| Figura 12 | <i>Horas de operación de iluminación por tipo de edificio</i> | 26 |
| Figura 13 | <i>Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público</i> | 29 |
| Figura 14 | <i>Impacto económico de las medidas en el alumbrado público</i> | 30 |
| Figura 15 | <i>Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos</i> | 30 |
| Figura 16 | <i>Impacto económico de las medidas en edificios públicos</i> | 31 |
| Figura 17 | <i>Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos</i> | 32 |
| Figura 18 | <i>Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos</i> | 32 |
| Figura 19 | <i>Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal</i> | 33 |
| Figura 20 | <i>Impacto económico de las medidas en edificios públicos</i> | 34 |
| Figura 21 | <i>Priorización económica y energética de las medidas (AP)</i> | 35 |
| Figura 23 | <i>Priorización económica y energética de las medidas (EP)</i> | 35 |
| Figura 24 | <i>Priorización económica y energética de las medidas (RS)</i> | 36 |
| Figura 25 | <i>Priorización económica y energética de las medidas (TFM)</i> | 37 |

Índice de tablas

| | | |
|---------|--|----|
| Tabla 1 | <i>Formularios del consumo de energía del municipio Guaymallén</i> | 14 |
| Tabla 2 | <i>Indicadores utilizados para la priorización de medidas de eficiencia energética</i> | 15 |
| Tabla 3 | <i>Localidad y operadores del servicio de agua potable y residual</i> | 22 |
| Tabla 4 | <i>Medidas de eficiencia energética evaluadas</i> | 28 |

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 Ana Martoni y Cintia Brucki 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 Guaymallén.

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 GUAYMALLÉN



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.
- 3.

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: **15.538 kWh/km** de vía iluminada
- Está entre **3 de los 10** de los municipios con menor consumo de energía

★★★★ Sistema inteligente de gestión de horas de operación.



21%



1.536 t/año



★★★ Escenario 2017: TIR = 70% & PRI = 2,7 años

★★★ Reemplazo de tecnología antigua de luminarias.

Sector Edificios Públicos

- Cuenta con **14 edificios públicos**
- Consumo promedio: **4,65 kWh/m²**

★★★★ Sistema fotovoltaico



34%



811 t/año



Escenario 2017 TIR = 85,5% & PRI < 2 años

★★★ Reemplazo de tecnología antigua de luminarias.

★★★ Establecimiento de estándares de eficiencia energética

Sector Residuos Sólidos

- Genera **108 mil toneladas** de residuos sólidos
- Posee **23 camiones** como flota de recolección
- Rendimiento promedio: **2,32 km/l** de combustible

★★★★ Reciclaje de residuos



22%



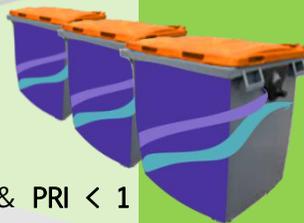
743 t/año



Escenario 2017: TIR = 9.149% & PRI < 1 año

★★★ Recuperación de energía de podas

★★★ Recuperación de energía de podas



Sector Flota Municipal

- Posee **182 unidades** (vehículos de pasajeros, carga pesada y carga ligera)
- Una unidad recorre en promedio **34.500**

★★★★ km/año



Capacitación en conducción eficiente

6%



325 t/año



Escenario 2017: TIR = 651% & PRI = 1 año

★★★ Capacitación conducción eficiente

★★★ Eficiencia de operación de la flota



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) orientadas a 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 Guaymallén 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 Guaymallén en cifras

Con una superficie de 164 km², el municipio Guaymallén se caracteriza por tener un clima árido desértico, con precipitaciones promedio anuales menores a 300 mm y temperatura que oscila entre 12°C y 28°C según la estación del año (SMN, 2017). Su territorio se ubica dentro de la Provincia de Mendoza a seis kilómetros de la Ciudad de Mendoza y limita al norte con los municipios de Las Heras y Lavalle, al oeste con Capital y Godoy Cruz, y al sur este con Maipú.

Para el año 2016, Guaymallén alcanzó una población de 299.018 habitantes (Censo del 2010) y una densidad que supera las 1.800 personas por km². Sus habitantes están distribuidos en 82.392 hogares con un promedio de 3,45 personas por hogar. De las 73.712 viviendas registradas en el municipio, 92,9% se ubican en el área urbana y el resto en zonas rurales.

- **Economía**

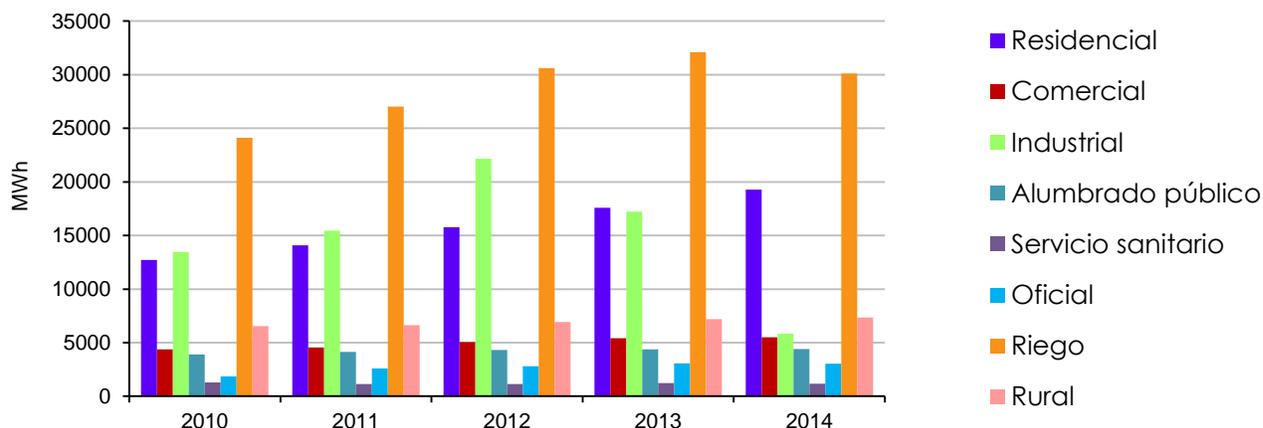
Para el año 2014, el municipio aportó un producto bruto geográfico¹ (PBG) de 14.637 millones de pesos, que representó el 11% del PBG provincial (UNCuyo). En 2014, la actividad comercial aportó 5.548 millones de pesos al PBG municipal, con 38% del total; mientras que el sector servicios agregó 3.324 millones de pesos, representando el 23% del total. La municipalidad de Guaymallén, a cargo de la prestación de servicios a la comunidad, contó con un presupuesto de 1.270 millones de pesos para el año 2015.

A nivel industrial, el sector se enfoca en actividades agroalimentarias. Este sector se beneficia de la proximidad que tiene el municipio con la zona productiva de la Provincia de Mendoza y la disponibilidad de vías de comunicación con centros de consumo local, nacional e internacional. El sector comercial por su parte, muestra un rápido crecimiento impulsado por cadenas de hipermercados, centros comerciales y hoteles.

- **Consumo de energía**

En el año 2014 el consumo de electricidad del municipio alcanzó 496.994 MWh, lo que significó un crecimiento cercano al 5% respecto al consumo facturado en el año 2010 (MEM, 2017a). La figura siguiente muestra la evolución y distribución del consumo de energía para el periodo 2010 – 2014.

¹ “El PBG es un indicador sintético del esfuerzo productivo realizado en una región geográfica en un determinado período de tiempo que, a nivel del país en su conjunto, equivale al PIB aunque hasta ahora la suma de los PBGs de cada una de las provincias no resulta exactamente igual al PIB” Universidad de Cuyo 2016

Figura 1**Evolución del consumo de electricidad en el municipio Guaymallén**

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 Guaymallén.

- **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 Guaymallén

| 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 |
|------------------------|------------|----------------|
|------------------------|------------|----------------|

| 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)

La gestión del alumbrado público del municipio Guaymallén la realiza la Unidad de Alumbrado Público de la municipalidad junto a la Empresa Distribuidora de Electricidad de Mendoza Sociedad Anónima (EDEMSA). Ambas instancias coordinan el seguimiento de reclamos y reportes de fallas en el sistema de alumbrado público. Además, la municipalidad se encarga del análisis y gestión de solicitudes de expansión del servicio.

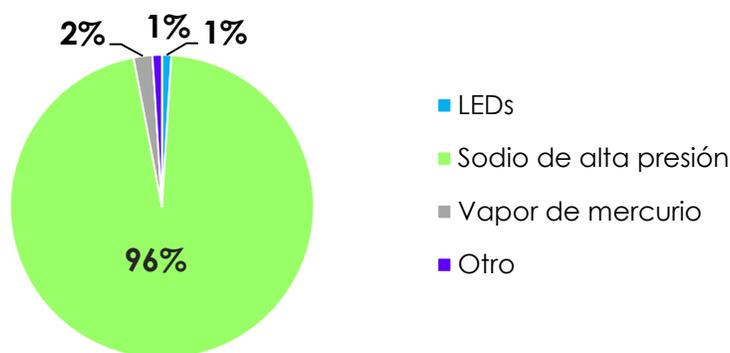
El municipio Guaymallén cuenta con cobertura de alumbrado público en todas sus vías de tránsito y espacios públicos. El parque instalado de luminarias se compone por unos 25.000 puntos de iluminación, siendo la tecnología de sodio de alta presión la de mayor participación. Los puntos de iluminación del municipio están distanciados en promedio a 30 metros y cuentan con medidores individuales.



Instalaciones del alumbrado público del municipio.

Del total de luminarias, cerca del 98% se encuentran instaladas en caminos, calles y carreteras, mientras que el 2% restante se destina a zonas recreacionales como parques, monumentos, plazas y, en menor proporción, a túneles.

Distribución de tecnologías para alumbrado público



Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior destaca la participación de la tecnología de sodio de alta presión con una potencia instalada promedio de 150 Watts en cada punto de iluminación. Le sigue la tecnología de vapor de mercurio, con una potencia promedio de 125 Watts. En último lugar se ubica la tecnología LED, con una potencia promedio de 120 Watts. A continuación se listan algunos de los indicadores más relevantes del sector:

- Consumo anual de electricidad por kilómetro de calles iluminadas: 15.538 kWh/km
- Porcentaje de calles iluminadas en el municipio: 98%
- Consumo anual de electricidad por poste de iluminación: 803 kWh/poste

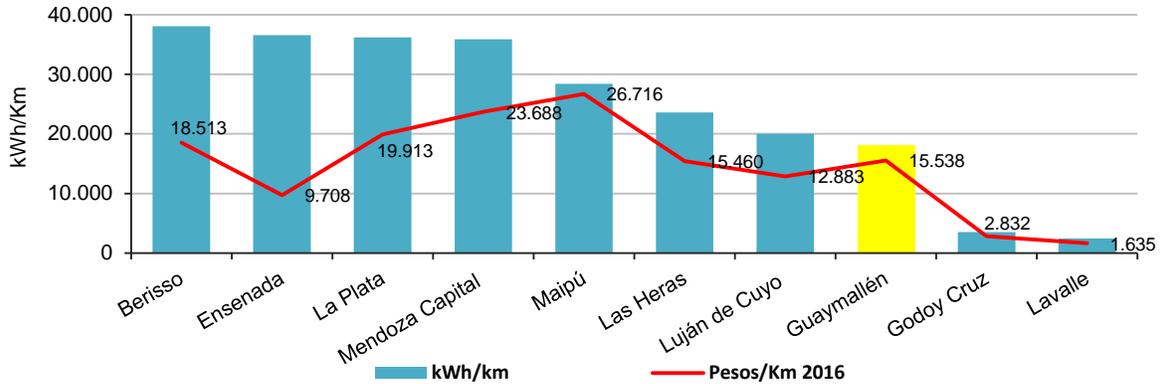
Los datos recolectados indican que el alumbrado público de todo el municipio funciona en promedio 11 horas diarias. Este factor de uso del sistema de alumbrado corresponde con 4.015 horas de funcionamiento al año. Por otra parte, se observa que el municipio no cuenta con un sistema de gestión inteligente de luminarias que permita reducir el número de horas de funcionamiento, o regular la luminosidad del alumbrado de acuerdo a la cantidad de luz natural disponible.

En general el desempeño del parque de iluminación se considera satisfactorio. El municipio registra un porcentaje de averías de 3,3% sobre el total de los puntos de iluminación, siendo la antigüedad de las luminarias la causa principal de su mal funcionamiento. Del parque instalado, 60% de los puntos de iluminación tiene una antigüedad entre tres y seis años, 30% más de seis años y el restante 10% tiene menos de dos años de antigüedad.

Al comparar al municipio Guaymallén con el resto de municipios analizados (ver figura siguiente), se identifica que este municipio se encuentra entre las tres (de diez) municipalidades con menor consumo de energía por kilómetro de iluminación.

Figura 3

Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público



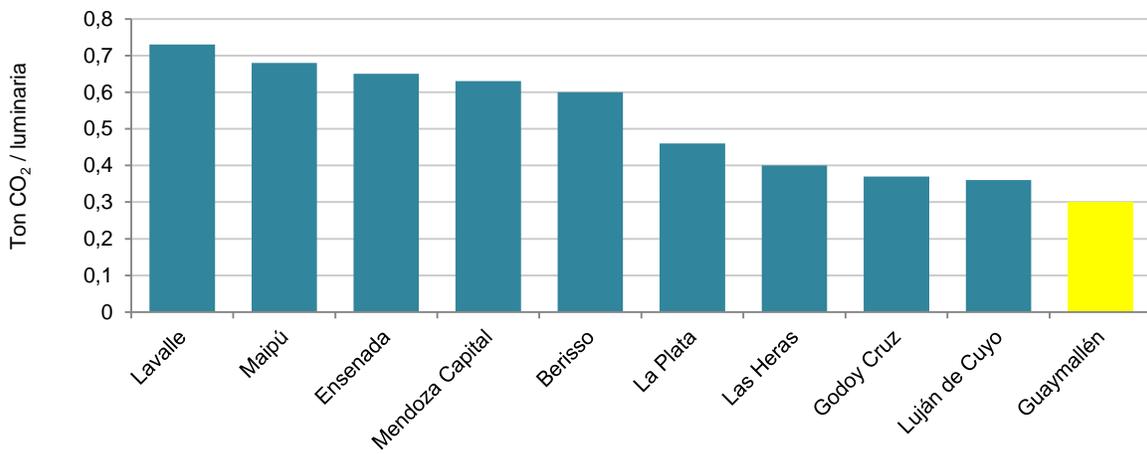
Fuente: Elaboración propia.

En referencia al gasto, en 2015 el Municipio de Guaymallén destinó al alumbrado público más de 18,4 millones de pesos. Esta porción del presupuesto municipal contempla el consumo de electricidad del sistema, su operación y mantenimiento. En particular, el consumo de electricidad representó 63,9% del gasto total (11,7 millones de pesos), mientras el restante 36,1% (6,7 millones)² correspondió a gastos de operación y mantenimiento.

La intensidad del consumo de energía del sistema de alumbrado público tiene una importante contribución a las emisiones 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 7.000 toneladas de CO₂ al cierre de 2015. Analizado por unidad, el municipio emite en promedio 0,3 toneladas anuales de CO₂ por luminaria instalada. A continuación, se comparan las emisiones del sistema de alumbrado público de Guaymallén respecto a los municipios que cuentan con información.

Figura 4

Comparativo de emisiones de CO₂ por luminaria en municipios



Fuente: Elaboración propia.

² 65% costos de mano de obra y 35% reemplazo de equipos

Si bien el nivel de emisiones de Guaymallén muestra un buen desempeño respecto al resto de los municipios seleccionados, la experiencia internacional indica que existe un potencial del 40% para reducir las emisiones por iluminaria por medio de la implementación de medidas de eficiencia energética.

3.2. Residuos sólidos (RS)

La municipalidad de Guaymallén gestiona la cadena de recolección y traslado de residuos sólidos del municipio. Los fondos destinados a la recolección de residuos provienen en 20% de impuestos municipales y el restante 80% del presupuesto anual de la municipalidad. El gasto del municipio destinado a la gestión de residuos sólidos para el año 2015 superó los 12 millones de pesos, lo que representa el 20% del presupuesto destinado a los sectores analizados en el diagnóstico.



Instalaciones de recolección de residuos en vías públicas.

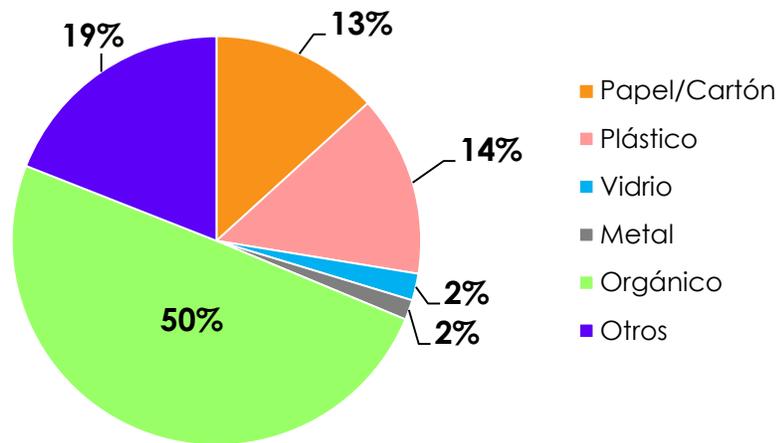
El año 2015 el municipio Guaymallén generó cerca de 108 mil toneladas de residuos sólidos. Del total recolectado, más del 85% se dispone en el vertedero no controlado de Puente Hierro, ubicado en la localidad del mismo nombre vía al municipio de Lavalle; mientras que el 15% restante se deposita en el relleno sanitario “El Borbollón”, ubicado en el municipio Las Heras.

Instalaciones de recolección de residuos en vías públicas.

A continuación, se muestra la composición de los residuos del municipio en base a la desagregación nacional por tamaño de población (De Luca y Giorgi, 2015).

Figura 5

Composición de residuos sólidos de Guaymallén



Fuente: DeLuca y Giorgi (2015).

La flota de camiones para la recolección de residuos se compone por 23 unidades compactadoras, de las que 18 pertenecen al municipio y el resto a empresas contratistas. Cada unidad tiene una capacidad máxima de carga de 6,5 toneladas, con igual ocupación promedio en base al volumen de residuos generados.

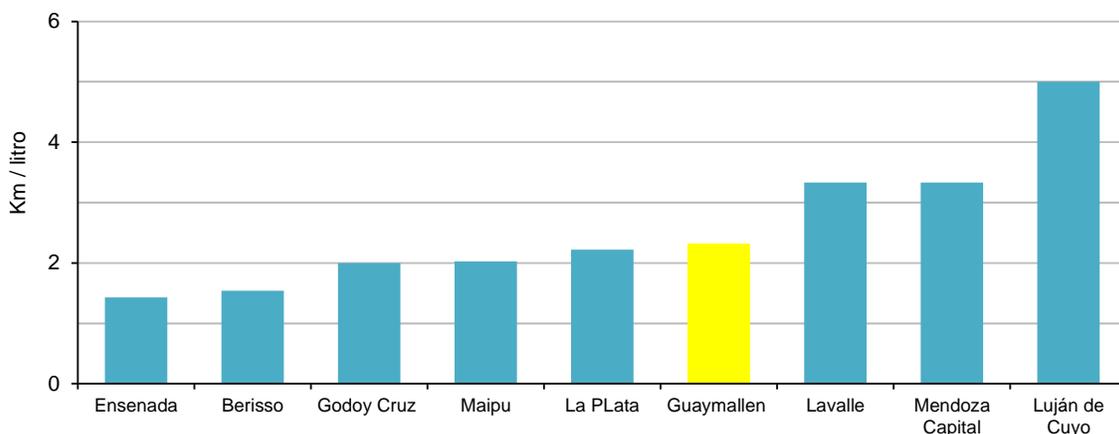
Por otra parte, los datos recolectados indican que los camiones de propiedad del municipio tienen una antigüedad promedio superior a 10 años, mientras que las empresas contratistas tienen flotas de seis a 10 años de antigüedad para el 65% de la flota y de cinco años o menos para el 35% restante. La antigüedad de la flota tiene un impacto directo en el consumo de combustible, por lo que se presume que el cambio de tecnología lograría reducir el consumo de combustible del sector.

En 2015, la flota de camiones de recolección recorrió 1.488.744 kilómetros³. Distancia que demandó el consumo de 641.700 litros de combustible y un gasto mayor a 12 millones de pesos argentinos. En base a estos datos, cada camión recorre 177,3 kilómetros por día con una eficiencia de consumo promedio de 2,32 kilómetros por litro. A continuación, se compara el consumo de combustible del municipio Guaymallén respecto al resto de los municipios analizados.

Figura 6

Rendimiento del consumo de combustible por municipio

³ Proyecciones realizadas en base a datos del año 2004 (SADS)



Fuente: Elaboración propia en base a datos aportados por el municipio.

Indicadores relevantes:

- Residuos per cápita para el año 2015: 0,9 kg/día (329 kg año)
- Porcentaje de residuos recolectados: 100%
- Porcentaje de residuos sólidos reciclado: 0%
- Porcentaje de residuos sólidos llevados a relleno sanitario: 100%

3.3. Agua potable y residual (APR)

La empresa Aguas Mendocinas, Agua y Saneamiento de Mendoza (AYSAM) se encarga de la provisión del servicio de agua potable y tratamiento de aguas residuales de la mayor parte del territorio municipal. Otras localidades del municipio como Bermejo, Capilla del Rosario, El Sauce, Kilómetro 8, La primavera, Los Corralitos, Puente de Hierro y Rodeo de La Cruz reciben el suministro de agua por medio de cooperativas o asociaciones vecinales. La tabla siguiente muestra los operadores de estas localidades.

Localidad y operadores del servicio de agua potable y residual

| Localidad | Operador | Tipo de servicio |
|---------------------|---|------------------|
| Bermejo | Unión Vecinal Barrio Suboficiales y Agentes | Agua |
| Capilla del Rosario | Unión Vecinal Sin Fronteras | Agua |
| El Sauce | Unión Vecinal Barrio Constitución El Sauce | Agua |
| El Sauce | Unión Vecinal Barrio Constitución Jardín El Sauce | Agua |
| El Sauce | Unión Vecinal de Servicios Públicos El Sauce | Agua y Cloacas |
| Kilómetro 8 | Unión Vecinal Km 8 | Agua |
| La Primavera | Unión Vecinal La Primavera Guaymallén | Agua |
| Los Corralitos | Cooperativa de Provisión de Agua Potable | Agua |

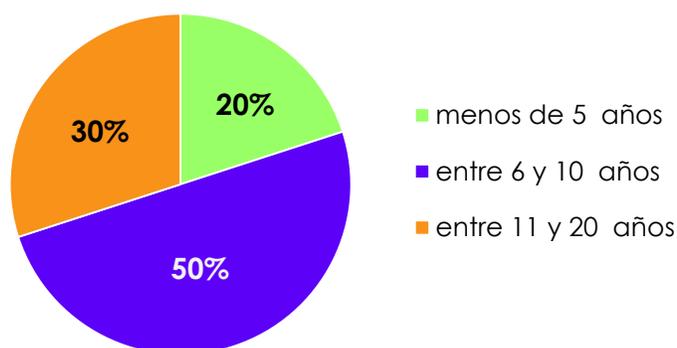
| Localidad | Operador | Tipo de servicio |
|------------------|--|------------------|
| Los Corralitos | Cooperativa de Servicios Públicos Los Corralitos LTDA | Agua |
| Los Corralitos | Cooperativa de Vivienda Urbanización y Servicios Públicos San Vicente LTDA | Agua |
| Puente de Hierro | Cooperativa Rural de Servicios Públicos Puente de Hierro LTDA | Agua |
| Rodeo de La Cruz | Cooperativa de Servicios Públicos Rodeo de La Cruz LTDA | Agua |
| Rodeo de La Cruz | Unión Vecinal Loteo Escorihuela | Agua |

Fuente: EPAS (2017).

La fuente principal de abastecimiento de agua del municipio proviene de la red de plantas potabilizadoras de agua de Mendoza. Esta red de abastecimiento consta de 80 bombas, de las que 53 extraen agua de pozos. En general, el sistema permite bombear y potabilizar 186 millones de metros cúbicos de agua al año, a distribuirse por medio de 2.984 km de redes de tuberías que sirven al 93% de los hogares del municipio. El 85% del agua es abastecida por gravedad y el 15% restante por bombeo. A continuación, se muestra la distribución de antigüedad promedio de las bombas utilizadas en el sistema de abastecimiento de agua.

Figura 7

Antigüedad de las bombas del sistema de abastecimiento de agua



Fuente: Elaboración propia.

Indicadores relevantes:

- Consumo de agua per cápita: 400 litros/día
- Porcentaje de pérdidas del total producido: 40%

Por otra parte, el sistema de tratamiento de aguas residuales consta de 10 bombas, de las que ocho tienen una antigüedad superior a seis años. El servicio sanitario que presta este sistema permite tratar 98 millones de metros cúbicos de agua al año, provenientes del 80% de los hogares del municipio, con una cobertura de 2.112 km de alcantarillado.

En consideración de la escasa injerencia del municipio sobre la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector de agua sanitaria y residual, éste se excluyó del análisis de impacto de medidas de eficiencia energética.

3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM)

La flota municipal agrupa vehículos que cumplen diferentes funciones. Los vehículos de carga ligera transportan equipos y materiales utilizados para gestiones administrativas de la municipalidad. Los vehículos de carga pesada, por su parte, se destinan al traslado de escombros, materiales para construcción y mantenimiento de carreteras, entre otros. Por último, la maquinaria se utiliza para podas y mantenimiento de carreteras y caminos.



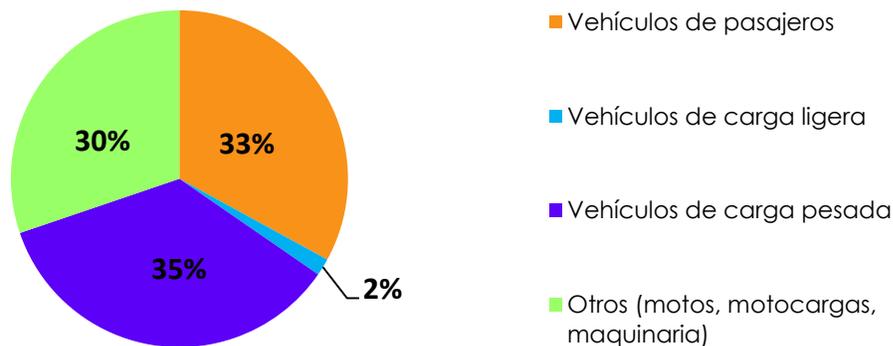
Parte de la flota municipal.

El gasto en la flota vehicular para el año 2015 superó los 26,7 millones de pesos, lo que representa el 44% del presupuesto destinado a los sectores analizados en el presente diagnóstico. Este gasto se compone principalmente por la compra de un millón de litros de combustible al año.

El parque vehicular municipal lo conforman 182 unidades. Esta flota se distribuye en partes iguales por vehículos de pasajeros, carga pesada y carga ligera. Del total de unidades, 80% tiene una antigüedad de 10 años o más, mientras que el 20% restante entre uno a cinco años. En la siguiente figura se muestra la distribución porcentual por tipo de vehículo.

Figura 8

Distribución porcentual por tipo de vehículo de la flota municipal

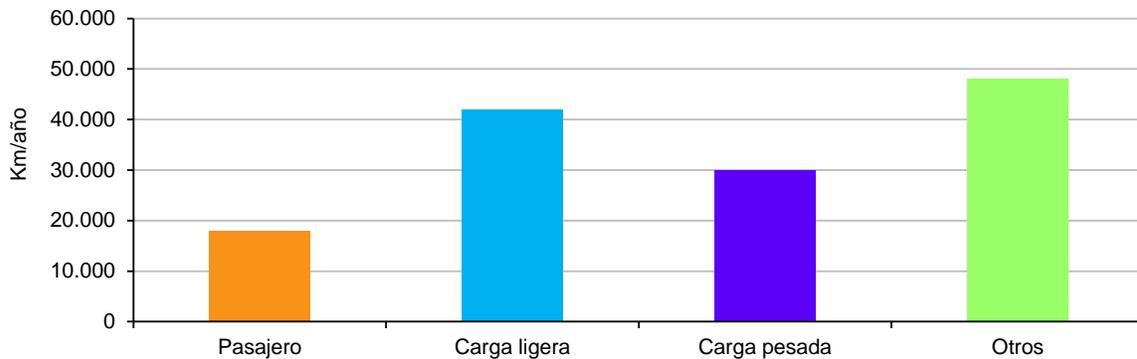


Fuente: Elaboración propia.

Cada vehículo de la flota municipal recorre en promedio 34.500 kilómetros al año. Dentro de la flota, se destaca la intensidad de uso de los vehículos de carga ligera, que recorren en promedio 42.000 kilómetros anuales. La figura siguiente muestra la distancia promedio recorrida por tipo de vehículo.

Figura 9

Promedio de kilómetros recorridos por tipo de vehículo al año



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 dificulta 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)

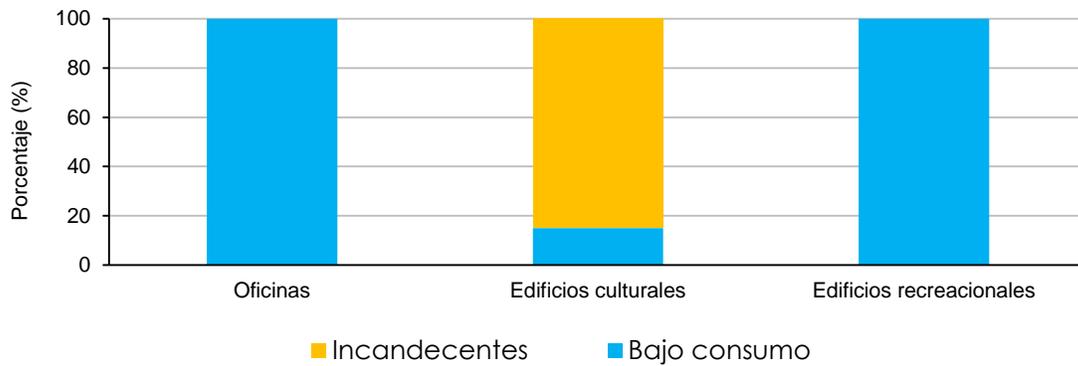
La municipalidad de Guaymallén tiene 14 edificios públicos, de los que diez son oficinas, dos espacios culturales y dos instalaciones recreacionales. La operación y mantenimiento de esta infraestructura la realiza la municipalidad.

El diagnóstico de los edificios públicos consistió en una visita a los espacios de oficinas, edificios culturales e instalaciones recreacionales representativas. En cada levantamiento de datos por tipo de edificio se identificaron las tecnologías de iluminación, acondicionamiento de espacios (calefacción y AC), 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 alguna tecnología de acondicionamiento térmico. Para las oficinas la tenencia de ventiladores alcanza 70%, mientras que el restante 30% corresponde a unidades de aire acondicionado instaladas en ventanas. Por otra parte, las tecnologías de iluminación de los edificios (oficinas y edificios recreacionales) se componen principalmente por lámparas fluorescentes compactas o incandescentes de bajo consumo (más del 80%). Por último, se observa que los materiales de construcción de todos los edificios públicos incluyen ladrillos y hormigón armado, y para el caso de oficinas, materiales de aislamiento

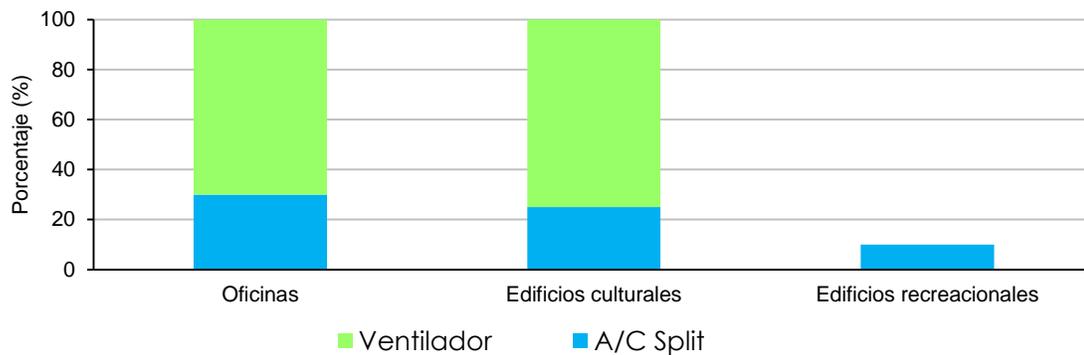
térmico interior. Las figuras siguientes muestran parte de las tecnologías identificadas y horas de operación por tipo de edificio.

Figura 10 *Distribución de tecnologías de iluminación en edificaciones municipales*



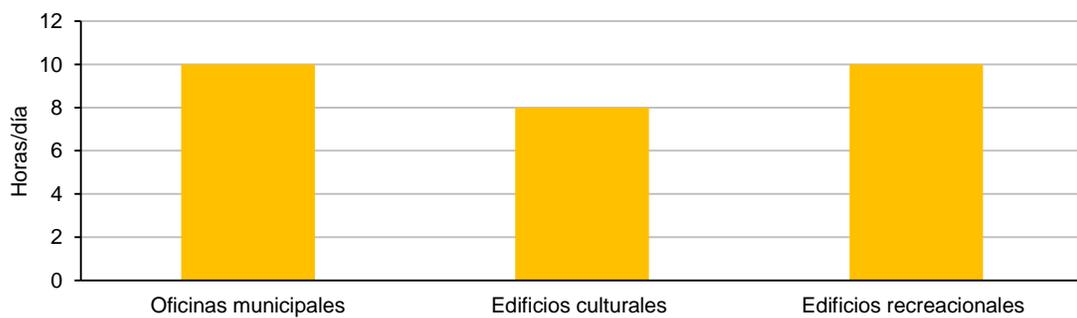
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11 *Distribución de tecnologías de AC en edificaciones municipales*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12 *Horas de operación de iluminación por tipo de edificio*



Fuente: Elaboración propia.

Indicadores relevantes:

- Consumo de electricidad por unidad de superficie: 65,12 kWh/m²
- Costo de electricidad por unidad de superficie: 468 pesos/m²
- Consumo de energía (excluyendo electricidad) de edificios: 256,7 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 municipios⁴. Estas medidas, listadas en la tabla siguiente, se analizaron tomando en consideración las condiciones particulares de consumo y gestión de la energía del municipio Guaymallén. 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 completamente eléctricos |

⁴ México, Colombia y Brasil

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

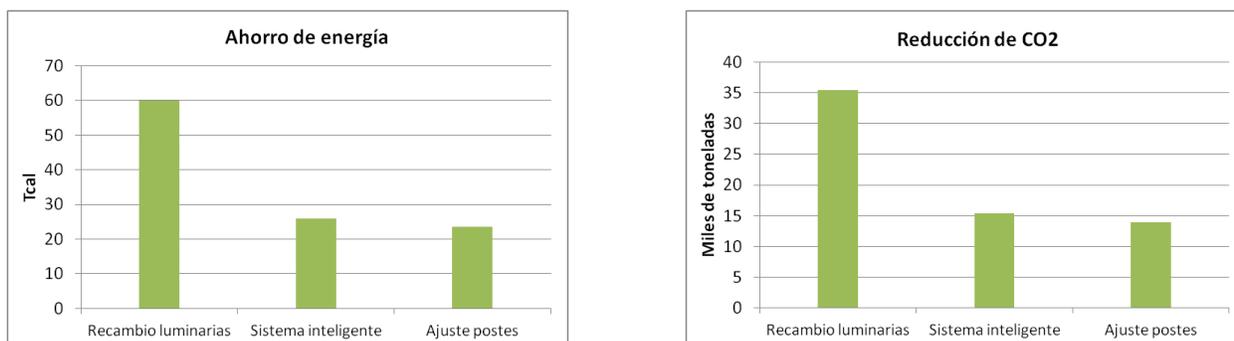
Esta sección presenta los resultados estimados de los ahorros de energía, reducciones de emisiones de CO₂, ahorro en pesos y costo efectividad de las medidas de eficiencia energética. Como se planteó en la metodología, los resultados se muestran para los escenarios de precios de 2015 y 2017.

- **Sector alumbrado público (AP)**

Para este sector el recambio de luminarias se encuentra entre las medidas de mayor beneficio. El reemplazo de tecnología antigua tiene el potencial de ahorrar en promedio 50% del consumo actual de electricidad del alumbrado público. Además, la medida tiene un alto potencial de reducción de CO₂. A esta medida le siguen la instalación de sistemas de gestión inteligentes y el ajuste de condiciones de funcionamiento de postes de alumbrado. La figura a continuación muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ de las medidas evaluadas bajo un horizonte de diez años.

Figura 13

Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público⁵



Fuente: Elaboración propia.

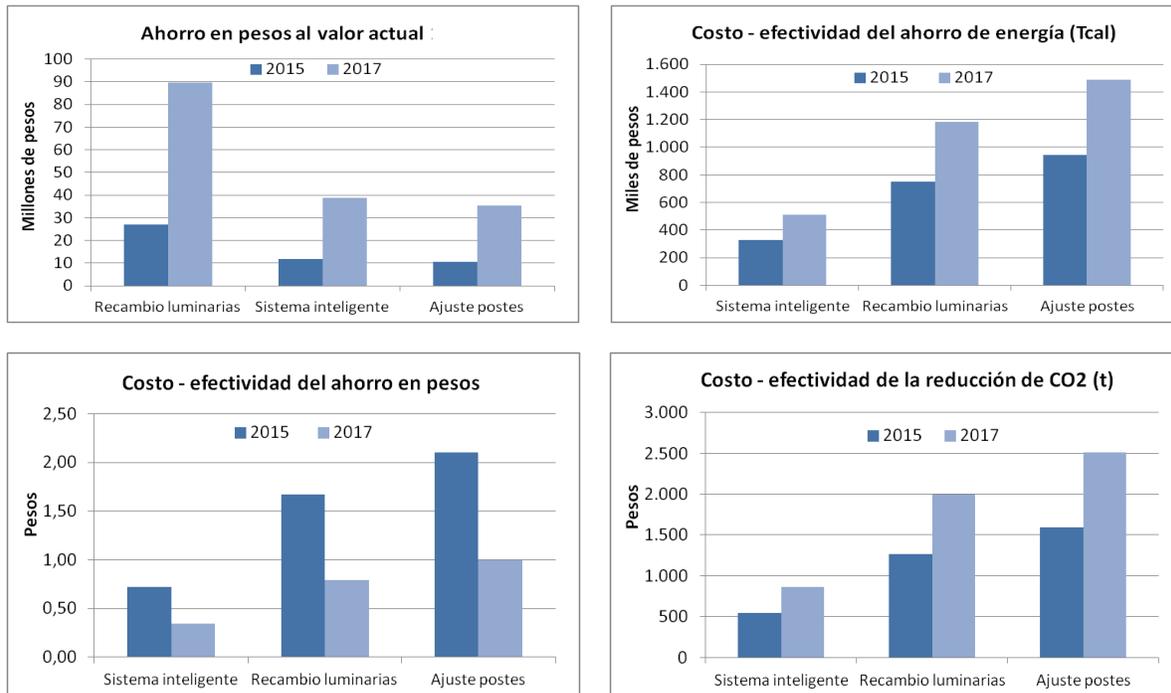
En referencia al análisis económico, el recambio de luminarias agrupa el mayor ahorro para el presupuesto municipal, siendo más satisfactorio el escenario 2017. Esta medida tiene un valor actual neto positivo, una tasa interna de retorno superior al 18% y un periodo de recuperación de la inversión menor a tres años para ambos escenarios (2015 y 2017). Además, el sistema inteligente de gestión de horas de funcionamiento de luminarias muestra una mejor relación de costo efectividad⁶ de la inversión por unidad de ahorro de energía, pesos, y reducción de CO₂. En la figura siguiente, se muestra el impacto potencial de las medidas consideradas para los escenarios de precios 2015 y 2017.

⁵ Para mayor información consultar anexo 1

⁶ Menor gasto por unidad ahorrada o toneladas de CO₂ reducida

Figura 14

Impacto económico de las medidas en el alumbrado público⁷



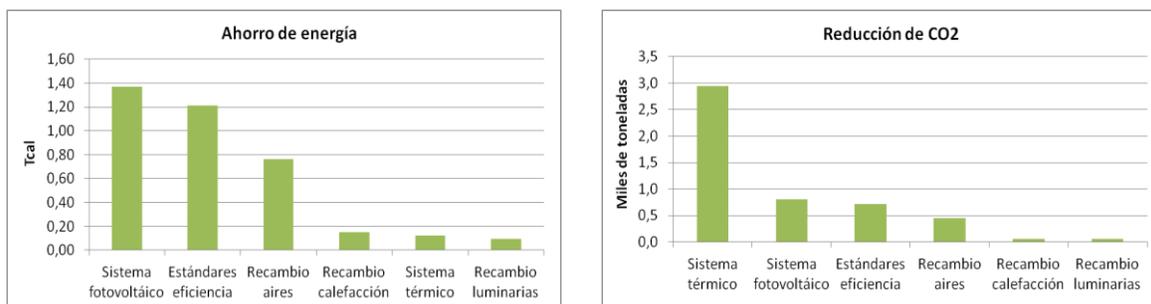
Fuente: Elaboración propia.

Sector edificios públicos (EP)

Entre las medidas evaluadas, el sistema fotovoltaico y el sistema solar térmico traerían los mayores beneficios energéticos y ambientales para el municipio. El primero de estos, muestra mayor potencial de ahorro de energía al reducir más del 34% del consumo del sistema actual, mientras que el sistema solar térmico agrupa el mayor potencial de reducción de CO₂. La figura siguiente presenta el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

Figura 15

Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos⁸



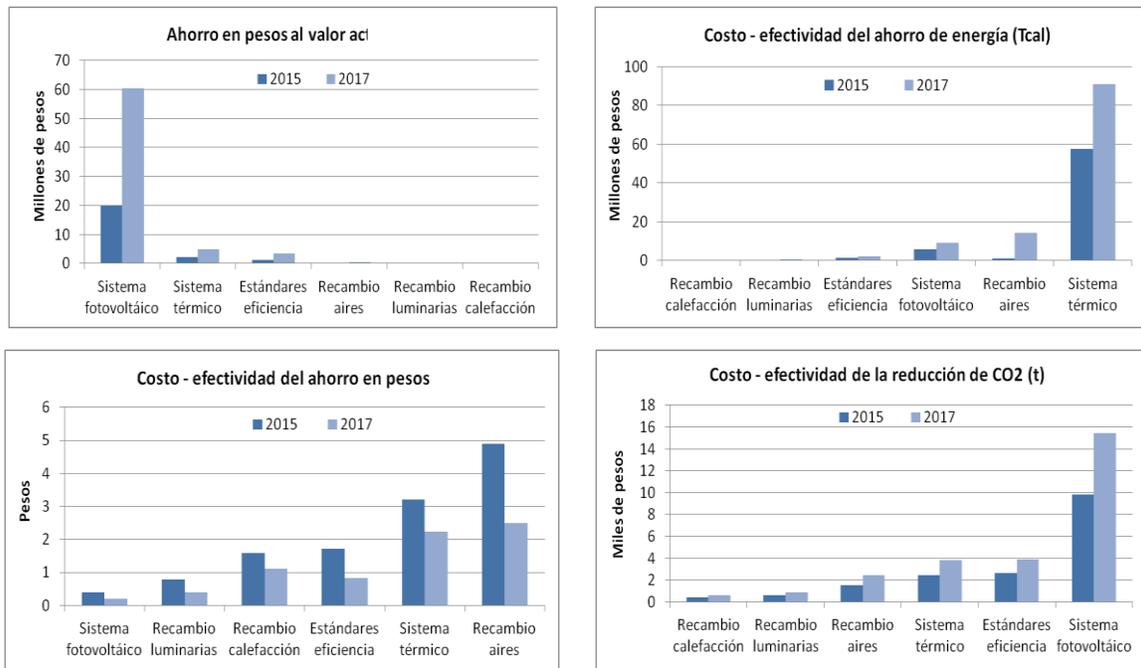
⁷ Para mayor información consultar anexo 1

⁸ Para mayor información consultar anexo 2

Fuente: Elaboración propia.

En la evaluación económica el sistema fotovoltaico presenta el impacto más alto con respecto al ahorro en pesos al valor actual, con un menor costo - efectividad. No obstante, el recambio del sistema de calefacción y de luminarias, muestran ser las medidas más efectivas en relación a la inversión por unidad de ahorro de energía y reducción de CO₂ ya que el costo por unidad ahorrada resulta menor. Estas condiciones les confieren a las medidas mencionadas mejores rentabilidades, con valores actuales netos positivos, tasas internas de retorno superiores al 18% (para escenarios del 2017) y periodos de recuperación de la inversión menores a seis años para el caso del sistema fotovoltaico y recambio de luminarias. En la figura siguiente se presenta el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para una de las medidas consideradas.

Impacto económico de las medidas en edificios públicos⁹



Fuente: Elaboración propia.

- Sector residuos sólidos (RS)**

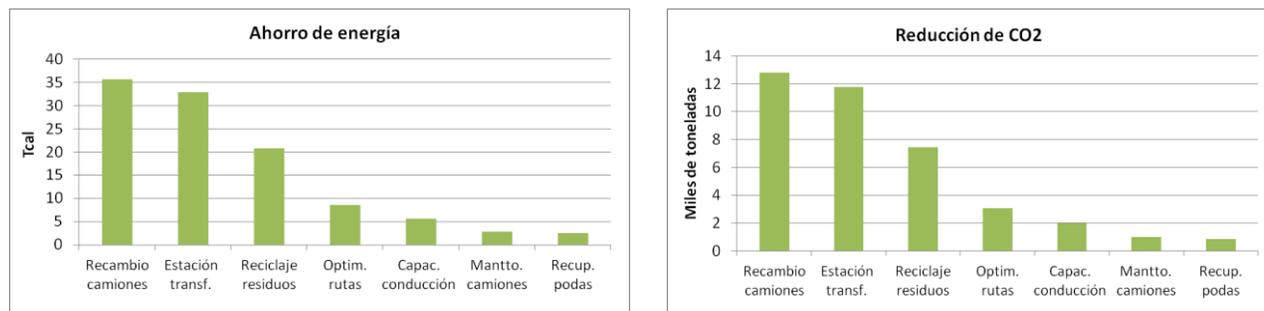
Para este sector la implementación de medidas de recambio tecnológico y reducción de la distancia recorrida por la flota de vehículos optimizarían el consumo de combustibles líquidos. Para el primer caso, la medida logra el mayor ahorro de energía siendo capaz de reducir 61% del consumo actual y la mayor reducción de CO₂ en los dos escenarios analizados. Con un impacto similar, se destaca la instalación de estaciones de transferencia y reciclaje de residuos, que permitiría reducir la distancia

⁹ Para mayor información consultar anexo 2

recorrida de la flota de camiones desde los puntos de recolección hasta su disposición final; minimizando el volumen total de desechos no reciclables a transportar. En la figura siguiente se muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

Figura 17

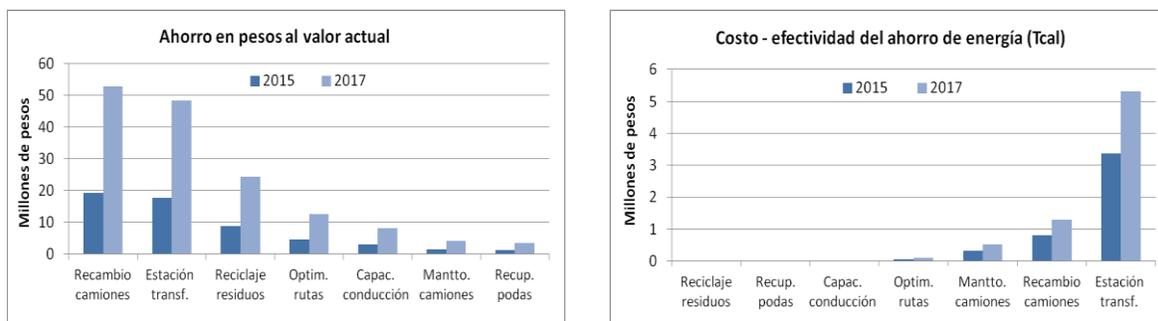
Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos¹⁰



Fuente: Elaboración propia.

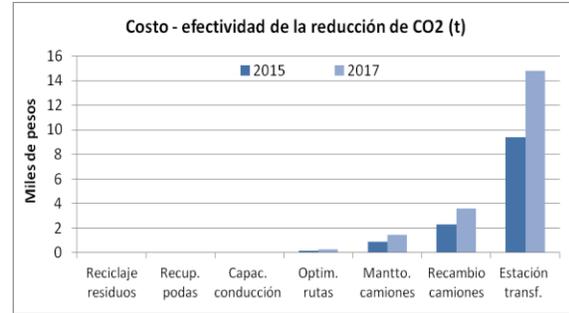
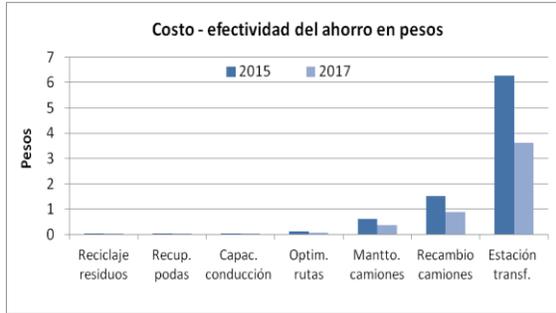
Del análisis económico se identifica que las medidas de reciclaje de residuos y recuperación de energía de podas tienen la mejor relación costo-efectividad de ahorro en el presupuesto municipal. Para ahorrar un peso argentino, las mencionadas medidas requieren de una inversión menor a 0,01 centavos de pesos. Además, estas medidas tienen un VAN positivo y la más alta tasa interna de retorno respecto al resto de las medidas de eficiencia energética evaluadas. No obstante, la rentabilidad del reciclaje de residuos excluye de los costos de construcción de plantas o transformación de los residuos. La figura siguiente muestra el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para cada una de las medidas consideradas.

Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos¹¹



¹⁰ Para mayor información consultar anexo 3

¹¹ Para mayor información consultar anexo 3

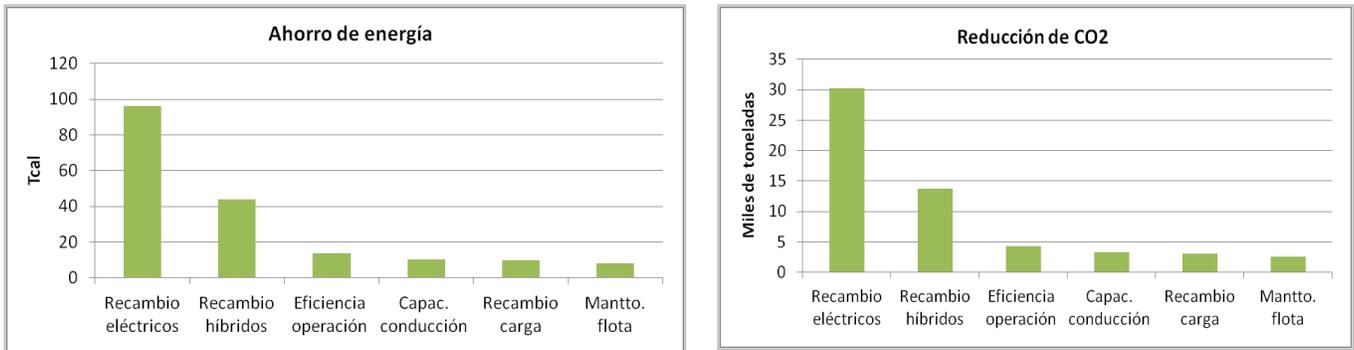


Fuente: Elaboración propia.

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

En este sector la medida de recambio de la flota por vehículos eléctricos o híbridos podría ahorrar hasta 60% del consumo de combustible de la flota actual. De igual manera, su implementación reúne el mayor potencial de reducción de emisiones de CO₂. En la figura siguiente muestra el impacto potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

Figura 19 Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal¹²



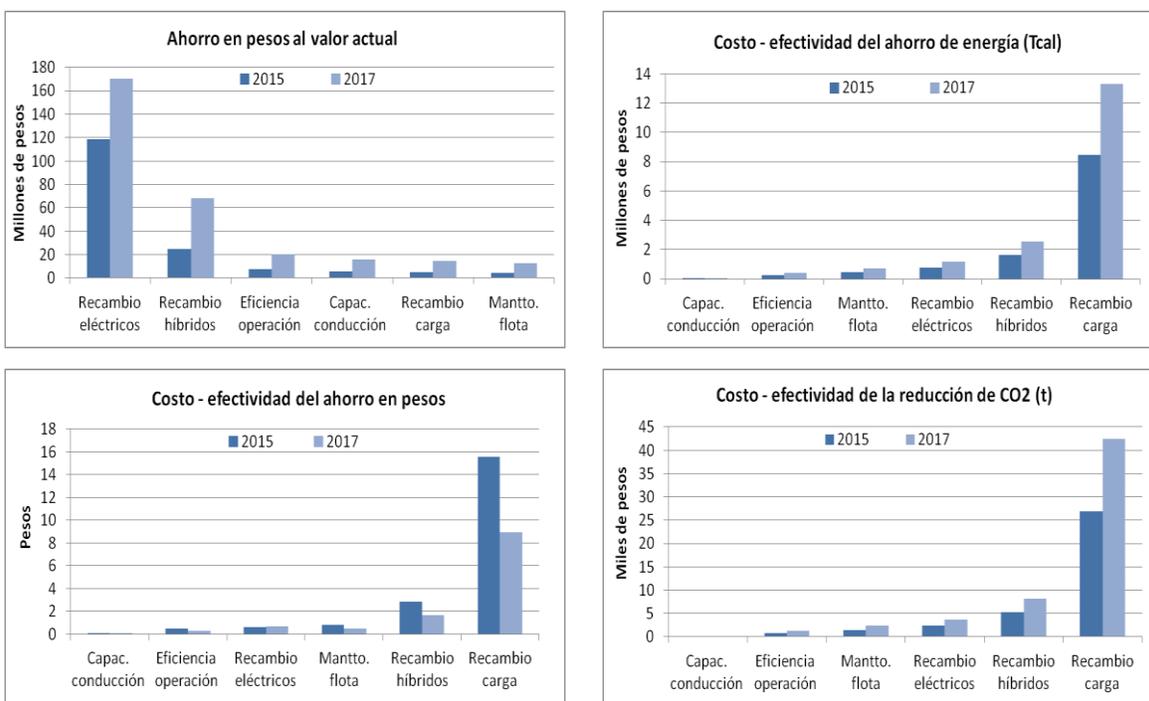
Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los resultados de la evaluación económica muestran que la capacitación en conducción eficiente tiene la mejor relación 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, la aplicación de planes de mantenimiento preventivo y el recambio de vehículos de carga ligera por vehículos eléctricos. La figura siguiente muestra la evaluación de las medidas consideradas.

¹² Para mayor información consultar anexo 4

Figura 20

Impacto económico de las medidas en la flota municipal¹³



Fuente: Elaboración propia.

4.2. Priorización de las medidas

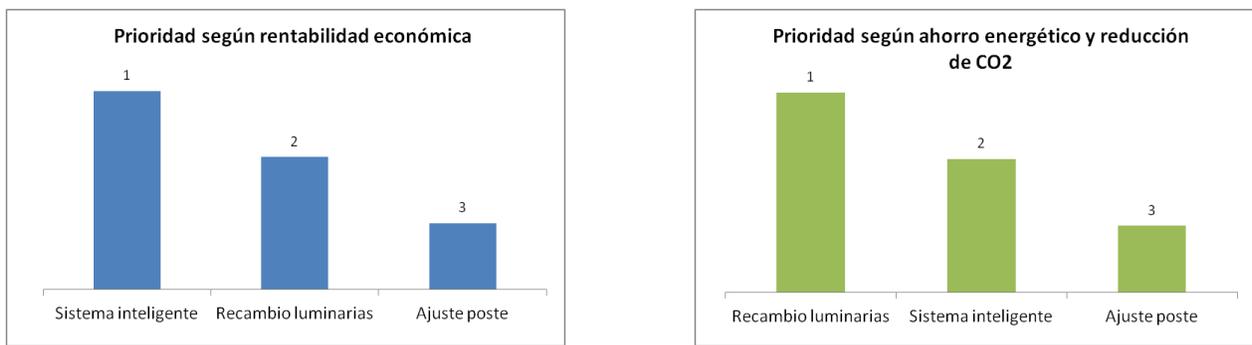
La priorización se basó en valorar las medidas con el mayor impacto positivo para el municipio al menor costo posible. Con este criterio, se disminuyó el nivel de prioridad para aquellas medidas que, a pesar de mostrar un alto potencial de reducción del consumo de energía y emisiones de CO₂, involucraban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

¹³ Ibid

Para el caso del sector alumbrado público, la primera medida corresponde al sistema inteligente de gestión de horas de operación principalmente por su rentabilidad económica. A esta medida le sigue el recambio de luminarias por su alto ahorro de energía y reducción de emisiones de CO₂ y, en último lugar, se ubica la medida de mejoramiento y ajuste los puntos de alumbrado del municipio. En la figura siguiente se muestra el orden de prioridad de las medidas evaluadas para el alumbrado público.

Figura 21

Priorización económica y energética de las medidas (AP)

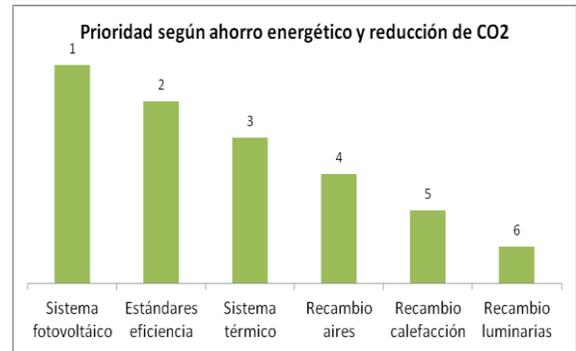
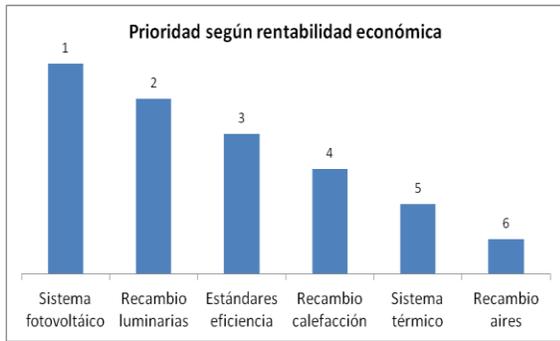


Fuente: Elaboración propia.

Para el sector edificios públicos, el sistema fotovoltaico se identifica como la medida con mayor prioridad en base a su rentabilidad económica, ahorro de energía y reducción CO₂. En un segundo nivel de prioridad se encuentra el recambio de luminarias, a pesar de ubicarse en el último orden de importancia en ahorro de energía y reducción de CO₂. En tercer lugar, se encuentra el establecimiento de estándares de eficiencia energética para la compra de artefactos. Los estándares de eficiencia en particular muestran una equilibrada relación de costo - beneficio para el municipio. La figura siguiente muestra el orden de prioridad de cada una de las medidas evaluadas en el sector edificios públicos.

Figura 22

Priorización económica y energética de las medidas (EP)

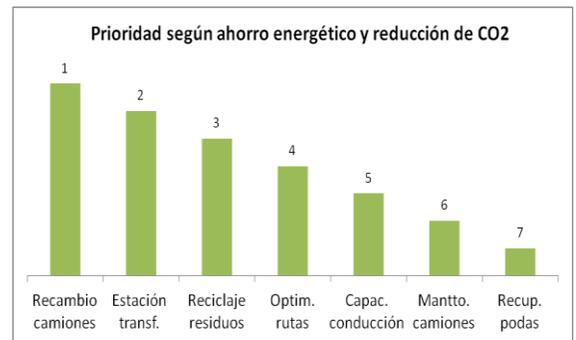
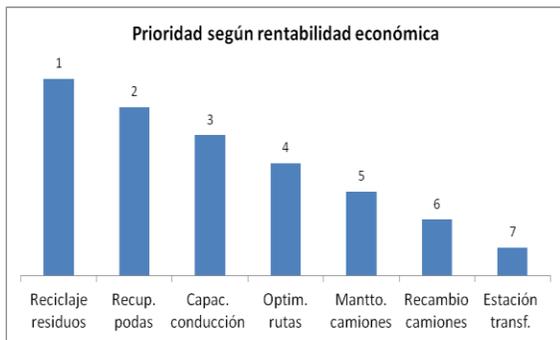


Fuente: Elaboración propia.

En el sector residuos sólidos la priorización de las medidas tiene contrastes. Por una parte, del análisis económico - financiero las medidas más rentables (por lejos) corresponden al reciclaje de residuos y la recuperación de energía de podas. Por otra parte, existe una gran diferencia del ahorro energético y reducción de contaminantes de las medidas de recambio de camiones y el uso de estaciones de transferencia. La figura siguiente muestra el orden de prioridad de cada una de las medidas evaluadas en el sector residuos sólidos.

Figura 23

Priorización económica y energética de las medidas (RS)

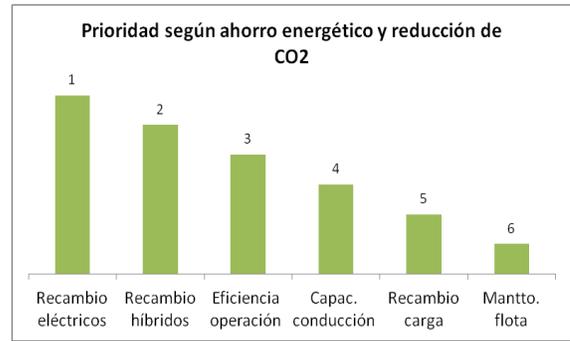
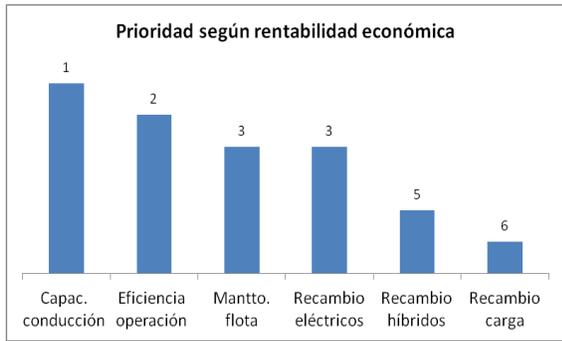


Fuente: Elaboración propia.

Por último, para la flota de transporte municipal se destacan las medidas relacionadas al monitoreo y control del uso de la flota. En particular se identifican la capacitación en conducción eficiente y mejora en la eficiencia de operación de la flota de vehículos pesados como las medidas de mayor rentabilidad. Por otra parte, las medidas con mayor ahorro de energía y reducción de contaminantes corresponden al recambio de la flota por vehículos eléctricos e híbridos, seguido de cerca por la ya mencionada mejora en la eficiencia de operación de la flota de vehículos pesados. La figura siguiente muestra el orden de prioridad de cada una de las medidas evaluadas en el sector transporte municipal.

Figura 24

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 Guaymallén se concentran en los sectores de alumbrado público y flota de transporte municipal.

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. Sistema inteligente de gestión de horas de operación |
| Flota transporte municipal | <ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitación conducción eficiente 2. Mejora en la eficiencia de operación del parque de vehículos pesados | <ol style="list-style-type: none"> 1. Recambio de la flota por vehículos eléctricos 2. Recambio de la flota por vehículos híbridos |
| 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. Estándares de eficiencia |
| 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. Recambio de camiones 2. Estaciones de transferencia |

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 las barreras observadas en el municipio Guaymallén:

| 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. 2014. Anuario estadístico 2014. Dirección de Estadística e Investigaciones Económicas. Ministerio de Agroindustria y Tecnología. Disponible en: <http://www.deie.mendoza.gov.ar/publicaciones/AnuarioEstadistico2013/Anuario-economicas.pdf>
- DeLuca, M., y Giorgi, N. 2015. Estudio de estrategia y factibilidad de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) para la República de Argentina. Cámara Argentina de la Construcción. Disponible en: www.camarco.org.ar/File/GetPublicFile?id=3557
- EPAS. 2017. Operadores de los servicios. Operadores comunitarios y comerciales. Secretaria de Servicios Públicos, Ente Provincial de Agua y Saneamiento. Gobierno de Mendoza. Disponible en: <http://www.epas.mendoza.gov.ar/index.php/operadoreslink>
- Guerra, M., y Padilla, F. 2015. Ordenamiento territorial en el departamento de Guaymallén, Mendoza. Año 2014. Publicado en la Plataforma de información para políticas públicas de la Universidad Nacional de Cuyo. Disponible en: <http://www.politicaspUBLICAS.uncu.edu.ar/articulos/index/ordenamiento-territorial-en-el-departamento-de-guaymallen-mendoza-ano-2014>
- INDEC. 2017. Censo 2010. Cuestionario ampliado. Base de Datos REDATAM. Instituto de Estadística y Censos. República de Argentina. Disponible en: <http://www.indec.gov.ar/>
- INDEC. 2017b. Mapas temáticos censo 2010 (GeoCenso). Instituto de Estadística y Censos. República de Argentina. Disponible en: <http://www.sig.indec.gov.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.gov.ar/>
- MEM. 2017b. Eficiencia energética. Ministerio de Energía y Minería. Secretaría de Planeamiento Energético. Disponible en: <https://www.minem.gov.ar/planeamiento-energetico/eficiencia-energetica/index.html>
- Municipalidad de Guaymallén. 2017. Historia. Disponible en: http://www.guaymallen.gov.ar/?page_id=107
- SADS. S/F. Sistema de gestión integral de residuos sólidos urbanos (SGIRSU). Resumen Ejecutivo. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Fundación Universidad Tecnológica Regional Mendoza. Disponible en: <http://docplayer.es/13378789-Sistema-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-urbanos-sgirsu-area-metropolitana-mendoza.html>
- SMN. 2017. Atlas Climático República de Argentina. Servicio Meteorológico Nacional, Servicio Climáticos. Disponible en: <http://www.smn.gov.ar/>

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 un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 62 Tera-calorías (Tcal) y la reducción de 36.544 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 92 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida ahorraría 87 Tcal y reduciría 51.264 toneladas de emisiones de CO₂ con un ahorro en valor presente de 129 millones de pesos¹⁴.

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 736.908 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.245 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,64 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 0,78 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 670.608 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.133 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,49 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 0,71 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la implementación del recambio de luminarias. Además, esta medida muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 24%, con un período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a siete años. La misma no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, mostrando una TIR del 5,6% y un PRI superior a 10 años.

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 3050 horas por año, mientras que para el escenario optimista se aspira reducir las horas de servicio a 2800 horas anuales.

¹⁴ En base a condiciones del año 2017

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 26 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 15.361 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 38 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 34 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 20.082 toneladas, con un ahorro en valor presente de 50 millones de pesos¹⁵.

Los resultados del costo-efectividad del sistema inteligente de horas de operación, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 325.204 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 549 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,72 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 0,34 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 248.767 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 420 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,55 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 0,26 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la implementación del sistema de gestión inteligente del alumbrado público. Además, de mostrar una tasa interna de retorno (TIR) de 69,8%, con un período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a tres años. Esta misma medida resulta rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 38,7% y un PRI cercano a cinco años.

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. Para estas mismas tecnologías y un escenario optimista, se plantea lograr un ahorro del 30%.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 24 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 13.973 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 35 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 36 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 21.131 toneladas, con un ahorro en valor presente de 53 millones de pesos¹⁶.

Los resultados del costo-efectividad del ajuste de altura, distancia entre postes y reducción de watts por poste, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 935.204 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.580 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto

¹⁵ En base a condiciones del año 2017

¹⁶ En base a condiciones del año 2017

municipal un costo de 2.08 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 0.98 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 573.787 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 969 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1.28 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 0,6 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para los ajustes de altura y distancia ente postes del alumbrado público. Además, esta medida muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 18,1%, con período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a diez años. La misma no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 1% y un PRI superior a diez 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. El escenario optimista considera que, del total de luminarias instaladas, la mitad se compone por tecnología LED y la otra mitad por lámparas fluorescentes compactas.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 30 Giga-calorías (Gcal) y una 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 240 Gcal y reducir las emisiones de CO₂ a 140 toneladas, con un ahorro en valor presente de 275 mil pesos¹⁷.

Los resultados del costo-efectividad del recambio de luminarias en edificios públicos, 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. Por otra parte, 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 presente neto es positivo para el recambio de luminarias en edificios públicos. Además, esta medida muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 47%, con período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a tres años. La misma aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 25% 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 tipo A+ para lámparas fluorescentes compactas. Para el escenario optimista, se asume que todos los

¹⁷ En base a condiciones del año 2017

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 un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 1,04 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 614 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 2,7 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 1,81 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.073 toneladas, con un ahorro en valor presente de 5,4 millones de pesos¹⁸.

Los resultados indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.807.368 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 3.053 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2,04 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 0,98 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.275.277 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.154 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,29 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 0,63 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida. Además, esta medida muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 23%, con período de recuperación de la inversión (PRI) menor a ocho años. Esta misma medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 5% y un PRI superior a diez años.

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 con más de diez años de uso por equipos nuevos con eficiencia clase A. En un escenario optimista, la medida aspira que el total de los equipos cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,74 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 438 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 420 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 1,06 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 625 toneladas, con un ahorro en valor presente de 617 mil pesos¹⁹.

¹⁸ En base a condiciones del año 2017

¹⁹ En base a condiciones del año 2017

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 933.367 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.577 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 5 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 2,55 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 799.433 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.350 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 4,16 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 2,13 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es negativo para la medida y tiene una tasa interna de retorno (TIR) del 0%. La misma resulta menos rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

Medida 4. Programa de recambio de equipos de calefacción: para el escenario promedio se contempla la sustitución del 50% del sistema de calefacción de 3.000 kcal/hora con más de diez años de uso por equipos nuevos con eficiencia clase A. En un escenario optimista, la medida aspira a, que el 80% de los equipos cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 150 Giga-calorías (Gcal) y una reducción de 90 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 49 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 240 Gcal y reducir las emisiones de CO₂ a 143 toneladas, con un ahorro en valor presente de 79 mil pesos²⁰.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos de calefacción con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 233.716 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 1,12 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 155.435 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 263 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal 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 presente neto es positivo, con una tasa interna de retorno (TIR) del 22% y un periodo de recuperación de la inversión mayor a 10 años. La misma medida resulta menos rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

²⁰ En base a condiciones del año 2017

Medida 5. Sistema solar térmico: para un escenario promedio consiste en aprovechar 50% de las superficies disponibles de techumbre de los edificios municipales 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 un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 120 Giga-calorías (Gcal) y una reducción de 2.761 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 4,6 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 230 Gcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.522 toneladas, con un ahorro en valor presente de 9,4 millones de pesos²¹.

Los resultados del costo-efectividad de la instalación del sistema solar térmico, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 57,7 millones pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.413 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 3.2 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 2,24 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista los valores de costo efectividad se mantendrían iguales.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 2%. La misma resulta menos rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015. 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 y un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,1 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 58 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 4,3 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 3,96 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 2.345 toneladas, con un ahorro en valor presente de 173 millones de pesos²².

²¹ En base a condiciones del año 2017

²² En base a condiciones del año 2017

Los resultados del costo-efectividad de la instalación del sistema fotovoltaico indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 6,5 millones de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 10.968 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,45 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 0,23 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5,8 millones de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.748 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,4 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.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 86%. La misma resulta rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 54%.

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 asume que las estaciones de transferencia se encontrarán a una distancia máxima de 89 kilómetros de los principales puntos de recolección del municipio (que representa el 50% del recorrido total de los camiones), mientras que para un escenario optimista se asume que esta distancia será de 53 kilómetros (30% del recorrido total).

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 capacitación en conducción eficiente presenta los mejores resultados de retorno de inversión al compararse con el resto de las medidas. La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 5,56 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 1.994 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 8,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 8,55 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 3.068 toneladas, con un ahorro en valor presente de 12,6 millones de pesos²³.

Los resultados del costo-efectividad del programa indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.700 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 16 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,011 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

²³ En base a condiciones del año 2017

reduce a 0,006 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista el programa exhibe los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es una de las más altas, alcanzando 2.608%. La misma resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 2.095%.

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 y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 2,78 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 997 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 4 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 4,28 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.534 toneladas, con un ahorro en valor presente de 6,3 millones de pesos²⁴.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 327.636 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 913 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,61 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 0,35 pesos. Por otra parte el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 54%. La misma aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, alcanzando una TIR del 35%.

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.

²⁴ En base a condiciones del año 2017

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 mayor rendimiento en el consumo de combustible. Para el escenario promedio se asume el recambio del 66% de la flota que tiene una antigüedad mayor a seis años. Dentro del total de vehículos, 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 y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 34,66 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 12.431 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 51 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 56,25 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 20.176 toneladas, con un ahorro en valor presente de 83 millones de pesos²⁵.

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 816.104 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.275 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2 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 0,87 pesos. Por otra parte el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 21%. La misma no resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 8%.

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.

²⁵ En base a condiciones del año 2017

La evaluación de esta medida bajo el escenario planteado y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 8,55 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 3.068 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 12 millones de pesos²⁶.

Los resultados del costo-efectividad de optimizar la selección de rutas de recolección de residuos indican que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 63.826 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 178 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,12 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 0,07 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 242%. La misma aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 187%.

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 dichos residuos hasta una zona de acumulación dentro del municipio además del arriendo de una máquina trituradora. 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 2,6 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 932 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 3,8 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 4 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.434 toneladas, con un ahorro en valor presente de 5,8 millones de pesos²⁷.

Los resultados del análisis del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.659 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 5 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,003 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 0,0018 pesos. Por otra parte el escenario optimista muestra los mismos costos

²⁶ En base a condiciones del año 2017

²⁷ En base a condiciones del año 2017

por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada 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.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto de la medida es positivo y su tasa interna de retorno (TIR) es la segunda más alta entre todas las medidas evaluadas, alcanzando 8.427%. La misma resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 6.788%.

Medida 7. Reciclaje de residuos: consiste en la clasificación y reutilización de los residuos sólidos. La medida busca reducir el número de recorridos de los camiones de recolección a los sitios de disposición final. 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 un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 20,7 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 7.495 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 24 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 30,1 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 10.800 toneladas, con un ahorro en valor presente de 35,3 millones de pesos²⁸.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.292 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 4 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,003 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 0,0017 pesos. Por otra parte el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada 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.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es una de las más altas entre todas las medidas evaluadas alcanzando 9.149%. La misma resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 7.370%.

²⁸ En base a condiciones del año 2017

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 municipal, y expandir el alcance al 100% para el caso del escenario optimista.

La capacitación en conducción eficiente presenta los mejores resultados de retorno de inversión cuando se le compara con el resto de las medidas. La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 10,36 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 3.254 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 15 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 15,93 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.006 toneladas, con un ahorro en valor presente de 24,6 millones de pesos²⁹.

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 24.251 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 77 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,04 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 0,02 pesos. Por otra parte, el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo y su tasa interna de retorno (TIR) es una de las más altas entre todas las medidas evaluadas, alcanzando 651%. La misma resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 517%.

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 de eficiencia 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

²⁹ En base a condiciones del año 2017

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 8,29 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 2.603 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 12 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 12,75 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 4.005 toneladas, con un ahorro en valor presente de 19,6 millones de pesos³⁰.

Los resultados del análisis del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 466.153 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.484 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,83 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 0,48 pesos. Por otra parte el escenario optimista muestra los mismos 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 presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 40%. La misma aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, alcanzando una TIR del 24%.

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 mejor rendimiento en el consumo del combustible. Para el escenario promedio se asumen el recambio del 66% de la flota que tiene una antigüedad mayor a seis años. Del total de vehículos a recambiar la mitad 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.

³⁰ En base a condiciones del año 2017

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 8,51 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 2.673 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 12 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 18,07 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.678 toneladas, con un ahorro en valor presente de 26,97 millones de pesos³¹.

Los resultados del costo-efectividad de recambiar los camiones de carga pesada indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 9,3 millones de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 29.767 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 17,24 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 9,91 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto y la TIR son negativos para la medida. La misma no resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015.

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 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, un ahorro del 25% en el consumo de combustible.

La evaluación de esta medida para el escenario planteado y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 13,74 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 4.316 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 20 millones de pesos³².

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 254.336 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 810 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 presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 67%. La misma aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, alcanzando una TIR del 46%.

³¹ En base a condiciones del año 2017

³² En base a condiciones del año 2017

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 asume 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 un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 46,49 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 14.605 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 72 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 71,52 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 22.470 toneladas, con un ahorro en valor presente de 111,6 millones de pesos³³.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1,6 millones de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 5.063 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2,79 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 1,61 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 9%. La misma no resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, alcanzando una TIR del -3%.

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 asume 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 un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 95,8 Tera-calorías (Tcal) y una reducción de 30.100 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 169 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría reducir incrementar el ahorro a 147,39 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 46.307 toneladas, con un ahorro en valor presente de 250,3 millones de pesos³⁴.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 770.571 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.453 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,62 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 0,69 pesos.

³³ En base a condiciones del año 2017

³⁴ En base a condiciones del año 2017

Bajo condiciones del año 2017, el valor presente neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 27%. La misma resulta aún más rentable para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, alcanzando una TIR del 35%.