



DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MUNICIPIO CIUDAD de MENDOZA

Enero de 2018



Índice

Agradecimientos	vi
Antecedentes	ix
Introducción.....	x
1. Municipio Mendoza en cifras.....	12
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).....	19
3.3. Agua potable y residual (APR).....	21
3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM).....	23
3.5. Edificios públicos (EP).....	25
4. Medidas de eficiencia energética	26
4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio Mendoza	27
• Sector alumbrado público (AP).....	27
• Sector edificios públicos (EP).....	28
• Sector residuos sólidos (RS).....	30
• Sector transporte flota municipal (TFM).....	31
4.2. Priorización de las medidas.....	33
5. Conclusiones y recomendaciones.....	36
Referencias.....	39
Anexo 1. Análisis de impacto de medidas del sector alumbrado público (AP).....	40
Anexo 2. Análisis de impacto de medidas del sector edificios públicos (EP).....	43
Anexo 3. Análisis de impacto de medidas del sector residuos sólidos (RS).....	48
Anexo 4. Análisis de impacto de medidas del sector transporte - flota municipal (TFM).....	53

Índice de figuras

<i>Figura 1</i>	Evolución del consumo de electricidad en el municipio Mendoza _____	13
<i>Figura 2</i>	Distribución de tecnologías para alumbrado público _____	17
<i>Figura 3</i>	Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público _____	18
<i>Figura 4</i>	Comparativo de emisiones de CO ₂ por luminaria en municipios _____	19
<i>Figura 5</i>	Composición de residuos sólidos de Mendoza Capital _____	20
<i>Figura 6</i>	Rendimiento del consumo de combustible por municipio _____	21
<i>Figura 7</i>	Antigüedad de bombas del sistema de abastecimiento de agua _____	22
<i>Figura 8</i>	Antigüedad de las bombas del sistema de tratamiento de agua _____	23
<i>Figura 9</i>	Antigüedad por tipo de vehículo de la flota municipal _____	23
<i>Figura 10</i>	Promedio de kilómetros recorridos por tipo de vehículo al año _____	24
<i>Figura 11</i>	Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público _____	27
<i>Figura 12</i>	Impacto económico de las medidas en el alumbrado público _____	28
<i>Figura 13</i>	Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos _____	29
<i>Figura 14</i>	Impacto económico de las medidas en edificios públicos _____	29
<i>Figura 15</i>	Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos _____	30
<i>Figura 16</i>	Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos _____	31
<i>Figura 17</i>	Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal _____	32
<i>Figura 18</i>	Impacto económico de las medidas en la flota municipal _____	32
<i>Figura 19</i>	Priorización económica y energética de las medidas (AP) _____	33
<i>Figura 20</i>	Priorización económica y energética de las medidas (EP) _____	34
<i>Figura 21</i>	Priorización económica y energética de las medidas (RS) _____	34
<i>Figura 22</i>	Priorización económica y energética de las medidas (TFM) _____	35

Índice de tablas

<i>Tabla 1</i>	Formularios del consumo de energía del municipio Mendoza _____	14
<i>Tabla 2</i>	Indicadores utilizados para la priorización de medidas de eficiencia energética _____	15
<i>Tabla 3</i>	Operadores por departamento y localidad de la sede _____	21
<i>Tabla 4</i>	Medidas de eficiencia energética evaluadas _____	26

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 el 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 Mónica Castro, Ángela Gatti, Florencia Kolton y Mario Isgro 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 Mendoza.

DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MENDOZA



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

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

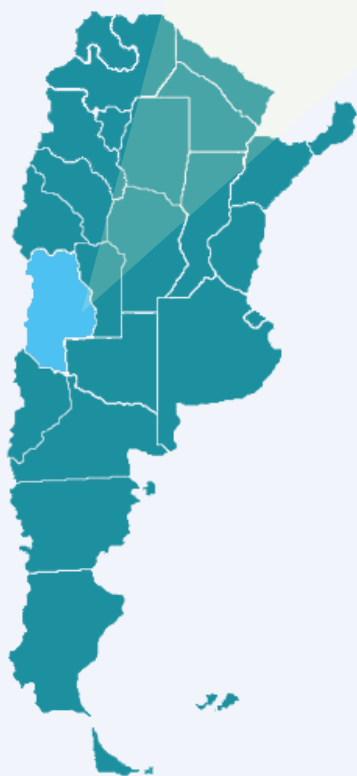
1. DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO

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: **35.891 kWh/km** de vía iluminada
- Está entre de los municipios con mayor consumo de energía y gasto en alumbrado público.



• Sistema inteligente de gestión de horas de operación



21 %

1.041 t/año



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

Sector Edificios Públicos

- Cuenta con **30 edificios públicos**
- Consumo promedio: **376 kWh/m²**



• Sistema fotovoltaico



52%



190 t/año



Escenario 2017 TIR = 88,6% & PRI < 2



• años



• Estándares mínimos de eficiencia energética

- Cambio de luminarias

Sector Residuos Sólidos

- Genera **55.845 t/año** de residuos sólidos
- Posee **22 camiones** como flota de recolección



Rendimiento promedio: **3,3 km/l** de combustible



- Reciclaje de residuos

21%

113 t/año



Escenario 2017: TIR 977% & PRI <

- Posee **154 unidades**

• Una unidad recorre en promedio **26.000 km/año**



- Capacitación en conducción eficiente pesados

6%

99 t/año



Escenario 2017: TIR= 126% & PRI < 2

• años

- Mejora de la eficiencia de operación de

Sector Flota Municipal

BARRERAS

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

INSTITUCIONALES

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

TÉCNICAS

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

ECONÓMICAS

Antecedentes

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

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

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

Introducción

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

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

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

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

En consideración de lo anterior se justifica la preparación de diagnósticos de eficiencia energética en los municipios de Argentina a fin de evaluar e identificar las oportunidades de ahorro que resulten de la implementación de medidas, que disminuyan el gasto municipal, reduzcan el consumo de energía y de emisiones contaminantes. El presente diagnóstico de Mendoza Capital 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 Mendoza en cifras

Con una superficie de 54 km², el municipio se caracteriza su tener un clima templado – árido, con precipitaciones promedio anuales menores a 200 mm y temperatura que oscila entre 9°C y 42°C según la estación del año (DEIE, 2012). Se localiza dentro de la Provincia de Mendoza limitando al norte y al oeste con el municipio Las Heras, al sur con Godoy Cruz y al este con Guaymallén.

Mendoza Capital tiene una población de 115.119 habitantes (proyecciones al 2016 del Censo 2010) y una densidad de 2.130 personas por km² (INDEC, 2017a). Sus habitantes están distribuidos en 41.410 hogares, conformados cada uno en promedio por 2,78 personas. De las 36.949 viviendas ubicadas dentro del municipio, 99,98% se encuentran en zonas urbanas. De total de viviendas, 99% tiene acceso al servicio de electricidad por conexión de red.

- **Economía**

Para el año 2014, el municipio generó un producto bruto geográfico¹ (PBG) de 21.687 millones de pesos, que representó el 15,5 % del PBG provincial (UNCuyo). El desarrollo económico de Mendoza Capital se fundamenta en la actividad comercial y de servicios. En 2014 la actividad comercial alcanzó un PBG de 9.160 millones de pesos (42% del total), mientras que la producción de servicios generó 5.945 millones de pesos, representado 27% del PBG del municipio.

La municipalidad de Mendoza, contó con un presupuesto de 978 millones de pesos para el año 2015.

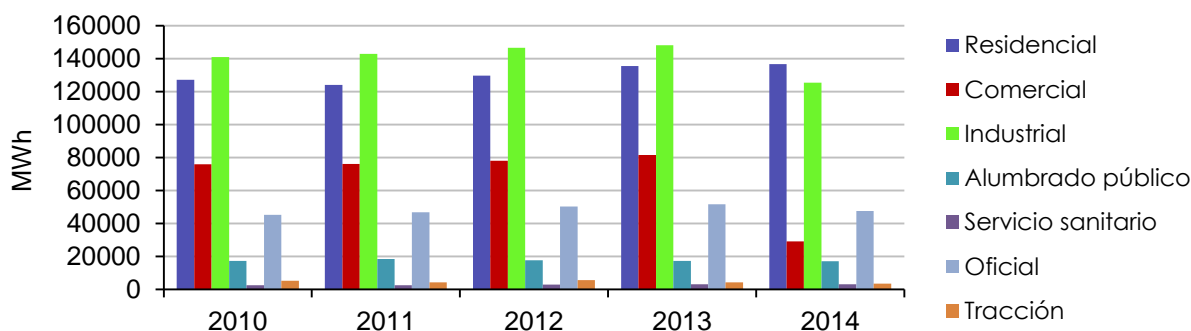
- **Consumo de energía**

En el año 2014 el consumo de electricidad del municipio alcanzó 362.734 MWh. Este consumo es 13% menor al facturado para el año 2010 (MEM, 2017a). Todos los sectores, a excepción del residencial, presentaron una disminución del consumo comparado al año anterior, siendo más significativo en el sector comercial, con una reducción cercana al 64%. Por otra parte, el alumbrado público mantuvo su consumo promedio anual de 17.613 MWh (0,9% menor respecto al 2013). 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 determinada 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 Mendoza



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 Mendoza.

• **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 Mendoza

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>		

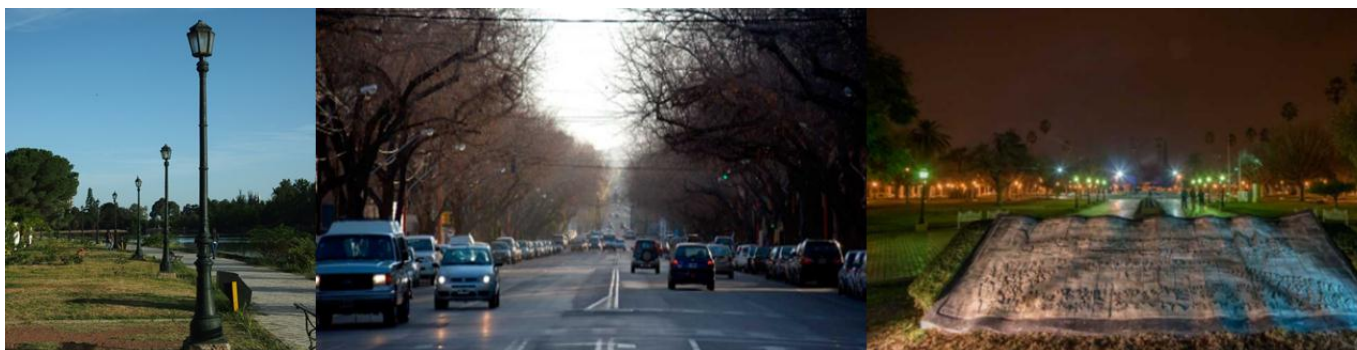
Los indicadores se evaluaron con una puntuación entre 1 y “n”, siendo “n” el total de medidas consideradas para el sector estudiado. Dicha puntuación se estableció en función del orden de prioridad de cada indicador dentro del conjunto de medidas del sector, siendo 1 la mayor prioridad y “n” la menor. 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)

El alumbrado público de Mendoza Capital es operado por medio de la Empresa LOUREDO S.A y la municipalidad. 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.

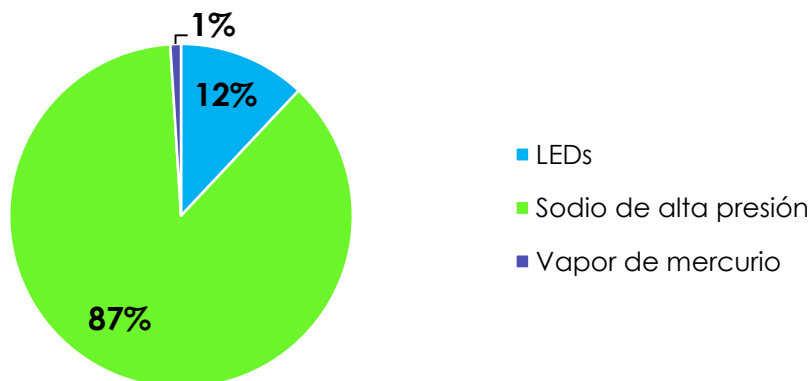
El municipio de Mendoza Capital cuenta con 90% de cobertura de alumbrado en sus vías de tránsito y espacios públicos. El parque instalado de luminarias se compone por unos 17.200 puntos de iluminación distanciados en promedio a 30 metros y cuentan con medidor medidores de consumo sectorizado.



Instalaciones del alumbrado público del municipio.

Del total de luminarias cerca del 95% están destinadas a la iluminación de caminos, calles y carreteras, mientras que el 5% restante se encuentra instalado en zonas recreacionales como parques, plazas y túneles. La figura a continuación muestra la distribución de tecnologías de alumbrado del municipio.

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 100 y 150 Watts en cada punto de iluminación. Le sigue la tecnología LED con 12% del total y una potencia promedio de 120 Watts. Finalmente se tiene la tecnología de vapor de mercurio con una participación del 1% y una potencia promedio instalada de 125 Watts.

A continuación, se indican algunos indicadores relevantes del sector

- Consumo anual de electricidad por km de calles iluminadas: 35.891 kWh por km
- Porcentaje de calles iluminadas en el municipio: 90%
- Consumo anual de electricidad por poste de iluminación: 843 kWh por poste

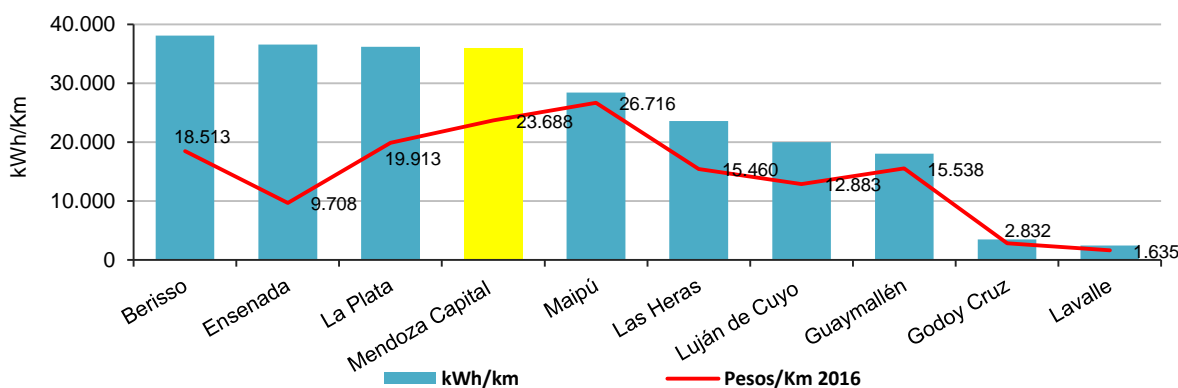
Los datos recolectados indican que el alumbrado público de todo el municipio funciona en promedio 11 horas diarias. Este factor de uso del sistema de alumbrado corresponde con 4.015 horas de funcionamiento al año. Por otra parte, se observa que el municipio cuenta con un sistema de gestión inteligente de luminarias que permite regular la cantidad de luminosidad de cada poste en base a la hora del día o la luz natural disponible.

En general el desempeño del parque de iluminación se considera satisfactorio. El municipio registra un porcentaje de averías entre 5% a 10% del total de puntos, siendo la antigüedad de las luminarias una de las causas más frecuentes de averías. Del parque instalado, el 85% de los puntos de iluminación tiene entre 3 a 6 años de antigüedad, 12% dos años o menos y 3% más de seis años.

El gasto para el 2015 en alumbrado público alcanzó 17,6 millones de pesos. De este total, 9,6 millones (54% del total) se destinaron al pago de electricidad; mientras que los 8,1 millones restantes (46% del total) cubrieron los gastos de operación y mantenimiento. Al comparar al municipio de Mendoza con los otros municipios analizados, se identifica que este se encuentra entre los municipios de mayor consumo de energía por kilómetro iluminado, tal como se muestra en la figura siguiente.

Figura 3

Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público

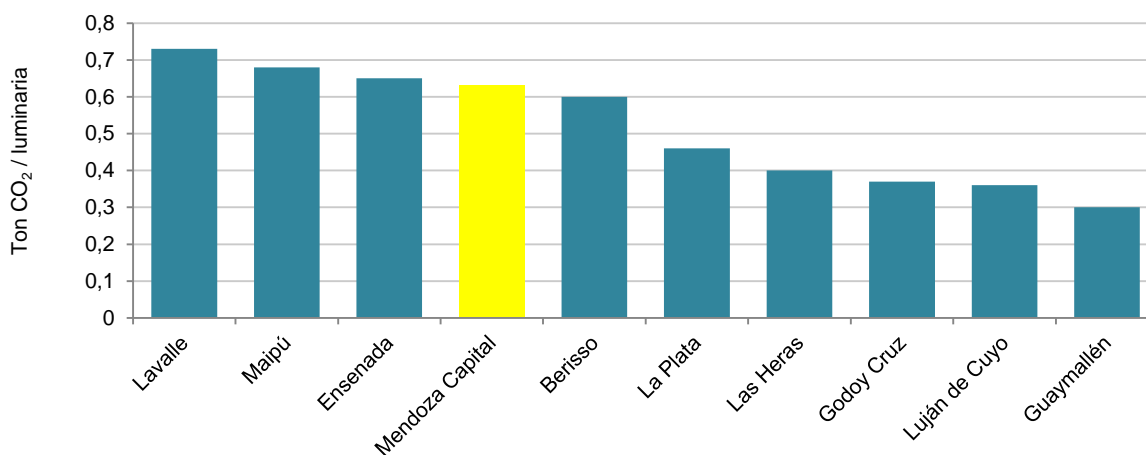


Fuente: Elaboración propia.

La intensidad del consumo de energía del sistema de alumbrado público tiene una importante contribución a las emisiones totales de gases contaminantes del municipio. En base al factor de emisión del sistema de generación de Argentina (0,509 toneladas de CO₂ por MWh), las emisiones totales alcanzaron 10.974 toneladas de CO₂ al cierre de 2015. Analizado por unidad, el municipio emite en promedio 0,63 toneladas anuales de CO₂ por luminaria instalada. A continuación, se comparan las emisiones del sistema de alumbrado público de Mendoza, respecto a los municipios con los que se cuenta con información.

Figura 4

Comparativo de emisiones de CO₂ por luminaria en municipios



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Residuos sólidos (RS)

La municipalidad de Mendoza Capital concesiona parte de la gestión de los residuos sólidos del municipio a empresas de servicios de limpieza. La mitad de los fondos para la recolección y gestión de los residuos proviene de impuestos municipales y el restante 50% del presupuesto municipal. Para el año 2015, el gasto del municipio a los residuos sólidos superó los 187 millones de pesos, representando el 19% del presupuesto municipal.

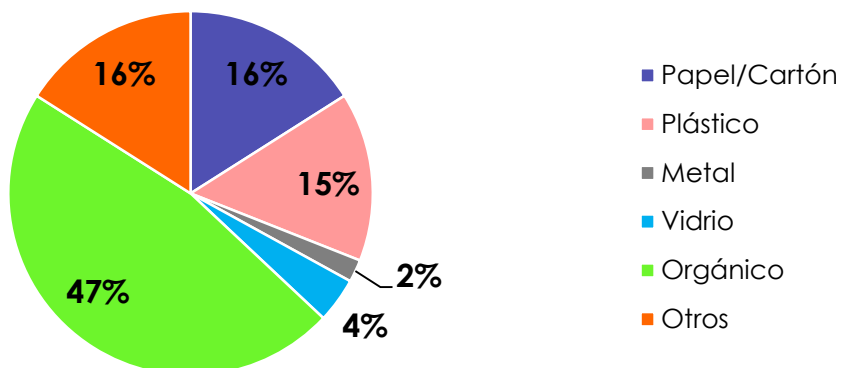


Parte de la flota de recolección de residuos.

El año 2015 el municipio Mendoza Capital generó cerca de 55.845 toneladas de residuos sólidos. El sector comercial generó la mayor parte de los residuos, con 79% del total, seguido del sector residencial con el 21% restante. A continuación, se muestra una composición estimada en base a una caracterización a nivel nacional, que desagrega los residuos generados según tamaño de población.

Figura 5

Composición de residuos sólidos de Mendoza Capital



Fuente: Elaboración propia en base a DeLuca y Giorgi (2015).

De los residuos sólidos recolectados, el 99% son llevados al vertedero El Borbollón, mientras que el restante 1% es reciclado. A continuación, se muestran los contenedores para la recolección y separación de residuos.



Instalaciones de recolección de residuos en vías públicas.

Los residuos son recolectados por 22 camiones, 30% de propiedad municipal y el 70% bajo concesión. Cada unidad de recolección tiene mecanismos compactadores y cuentan con una capacidad máxima de carga de 20 toneladas. La ocupación promedio de la capacidad de los camiones por viaje es cercana a 12 toneladas.

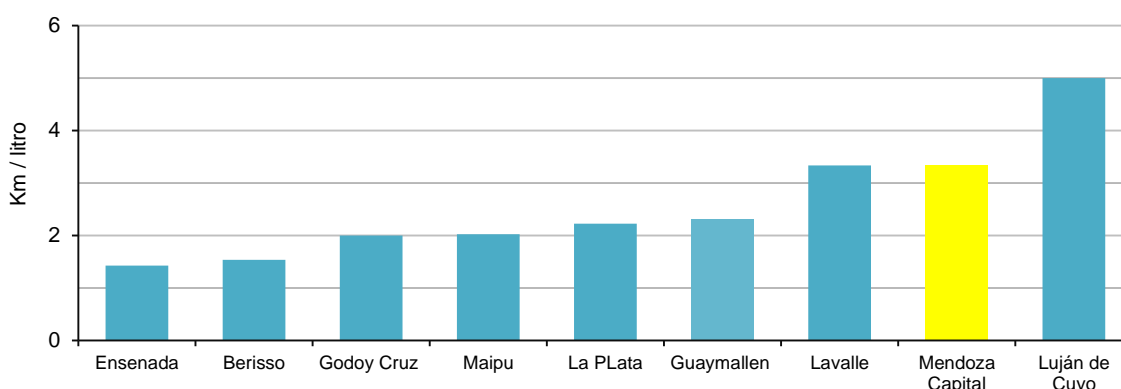
De los camiones de propiedad municipal, el 91% tiene menos de cinco años de antigüedad, mientras que el 9% restante tiene 10 años o más años. Los camiones de propiedad municipal tienen un

consumo promedio de 0,35 litros de combustible por kilómetro; mientras que los camiones de las empresas de concesión alcanzan un consumo promedio de 0,25 litros por kilómetro.

Para el año 2015 los camiones de propiedad municipal recorrieron 459.900 kilómetros, lo que significó un consumo de combustible aproximado de 160.905 litros y un gasto de 2,5 millones de pesos argentinos. A continuación, se compara el consumo de combustible del municipio Mendoza respecto al resto de los municipios analizados.

Figura 6

Rendimiento del consumo de combustible por municipio



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

Indicadores relevantes:

- Residuos per cápita para el año 2015: 1,3 kg/día (475 kg/año)
- Porcentaje capturado de residuos: 100%
- Porcentaje de residuos sólidos reciclado: 1%
- Porcentaje de residuos sólidos llevados a relleno sanitario: 99%

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 la 1ra, 6ta y 10ma Sección, y la ciudad de Mendoza reciben el suministro de agua por medio de cooperativas o asociaciones vecinales. La tabla siguiente muestra los operadores de estas localidades.

Tabla 3

Operadores por departamento y localidad de la sede

Localidad	Operador	Tipo de servicio
10ma Sección	Consortio de Copropietarios Bº Residencial Champagnat	Agua

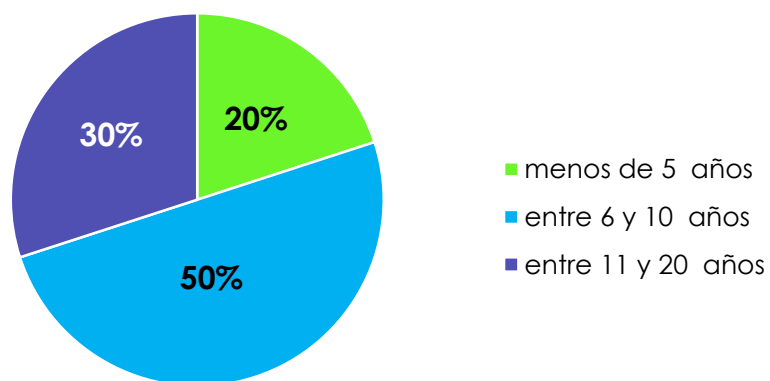
1ra Sección	Valle de las Leñas Sociedad Anónima - Malargüe	Agua y Cloacas
6ta Sección	Unión Vecinal Coral Carrizal	Agua
Ciudad de Mendoza	Cooperativa de Electricidad Edificación y Servicios Públicos Santa Rosa LTDA.	Agua
Ciudad de Mendoza	DALVIAN S.A.	Agua

Fuente: Elaboración propia en base a datos aportados por 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 bombas del sistema de abastecimiento de agua



Fuente: Elaboración propia en base a DeLuca y Giorgi (2015).

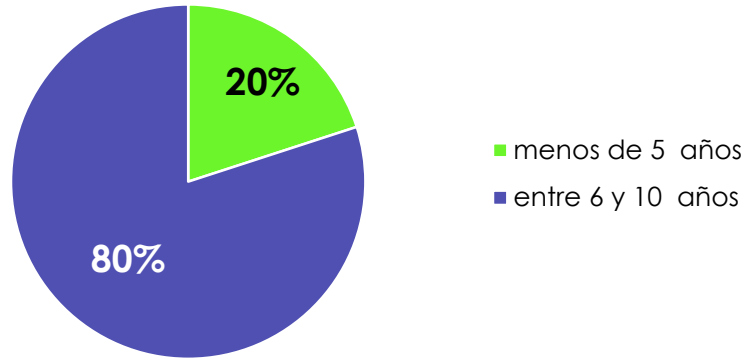
Indicadores del abastecimiento de agua potable:

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

El sistema de tratamiento de aguas residuales consta de 10 bombas. El sistema permite bombear y tratar 98 millones de metros cúbicos de agua al año, que son recibidas de 2.111,5 km de alcantarillado que recolecta el desagüe del 95,2% de los hogares del municipio. A continuación, se muestra la distribución de antigüedad promedio de las bombas utilizadas en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

Figura 8

Antigüedad de las bombas del sistema de tratamiento de agua



Fuente: Elaboración propia.

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.

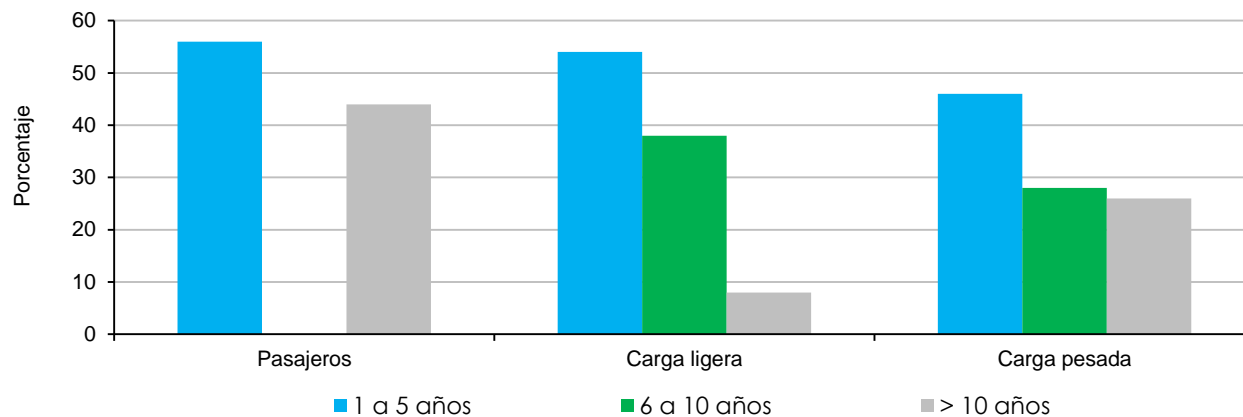


Parte de la flota de transporte público.

El parque vehicular municipal está constituido por 154 unidades. Del total de vehículos 67 son para carga pesada, 61 para el transporte de pasajeros y 26 para carga ligera. A continuación, se muestra la distribución de la antigüedad por tipo de vehículo.

Figura 9

Antigüedad por tipo de vehículo de la flota municipal

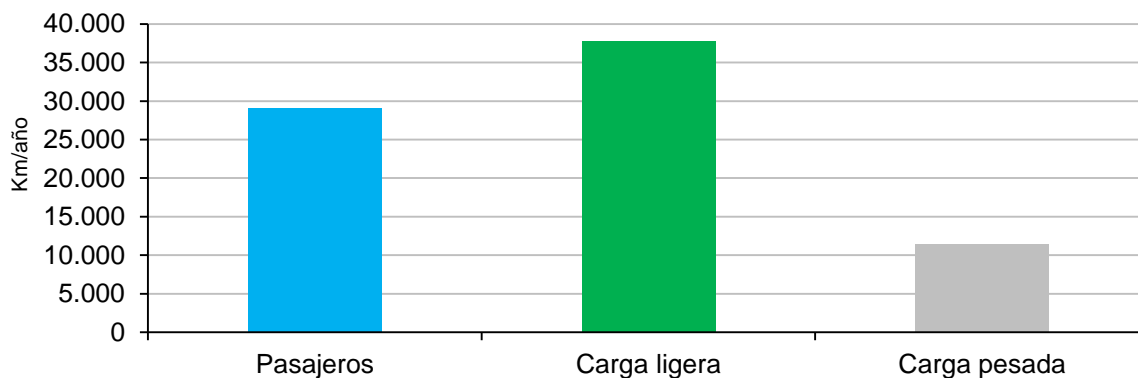


Fuente: Elaboración propia.

La flota vehicular municipal viaja en promedio 3.519.389 km al año. Dentro de la flota, se destaca la intensidad de uso de los vehículos de carga ligera, que recorren en promedio 37.700 kilómetros anuales. La intensidad de uso de la flota representa un consumo de 581.367 litros de combustible al año, generando un gasto de 9,2 millones de pesos. La figura siguiente muestra la distancia promedio recorrida por tipo de vehículo.

Figura 10

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.

Dentro de la flota, se destaca que el municipio cuenta con 150 bicicletas que forman parte del programa transporte público de bicicletas. El sistema es compartido con la municipalidad de Godoy Cruz, y cuenta con ocho estaciones distribuidas entre los dos municipios. De acuerdo con los datos de la municipalidad, la flota de bicicletas recorre 234.000 kilómetros al año. A continuación, se indica la ubicación de las estaciones del “sistema en la bici”:

- Estación Cultural Ciudad, Av. Las. Heras y Belgrano.
- Plaza Independencia, Ciudad de Mendoza.
- Túnel Terminal.
- Palacio Municipal de la Ciudad de Mendoza, 9 de Julio 500.
- U.N.Cuyo.
- Parque Benegas, Godoy Cruz.
- Espacio Verde Luis Menotti Pescarmona, Godoy Cruz.
- Calle Chacabuco y Ciclovía, Godoy Cruz.

3.5. Edificios públicos (EP)

La municipalidad de Mendoza tiene bajo su cargo 72 edificios públicos. De este total, 3 corresponden a oficinas, 5 a espacios culturales, 22 a instalaciones recreacionales y 42 a otras categorías. Además, 58 de estos edificios son clasificados como patrimoniales.

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

Los datos recolectados muestran que los gimnasios y los edificios culturales cuentan con tecnologías de acondicionamiento térmico. Las tecnologías para suministrar frío o calor son en su mayoría del tipo Slit. Por otra parte, las oficinas cuentan con sistemas de calefacción y aire acondicionado del tipo BGH. El número de horas promedio de operación de los diferentes usos finales de electricidad en los edificios públicos de la municipalidad es de ocho horas diarias para las oficinas y de 10 a 12 horas para gimnasios y naves culturales. Por último, se observa que los materiales de construcción de todos los edificios públicos incluyen ladrillos con hormigón armado, y adobe y concreto para los edificios patrimoniales. Las oficinas integran materiales de aislamiento térmico interior.

Indicadores relevantes:

- Consumo de electricidad por unidad de superficie: 313 kWh/m²
- Costo de electricidad por unidad de superficie: 86 pesos/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 municipios². Estas medidas, listadas en la tabla siguiente, se analizaron tomando en consideración las condiciones particulares de consumo y gestión de la energía del municipio Mendoza. 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

² México, Colombia y Brasil

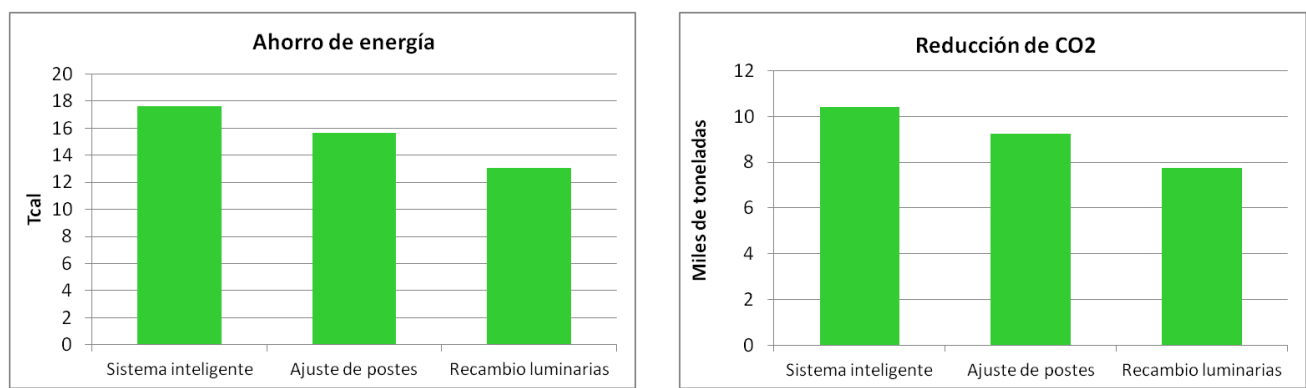
4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio Mendoza

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

- **Sector alumbrado público (AP)**

Para este sector la instalación de un sistema inteligente de gestión de horas de operación se encuentra entre las medidas de mayor beneficio de ahorro de energía y reducción de CO₂. A esta medida le siguen el ajuste de los postes y el recambio de luminarias. La figura siguiente se muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ de las medidas evaluadas bajo un horizonte de diez años.

Figura 11 Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público³



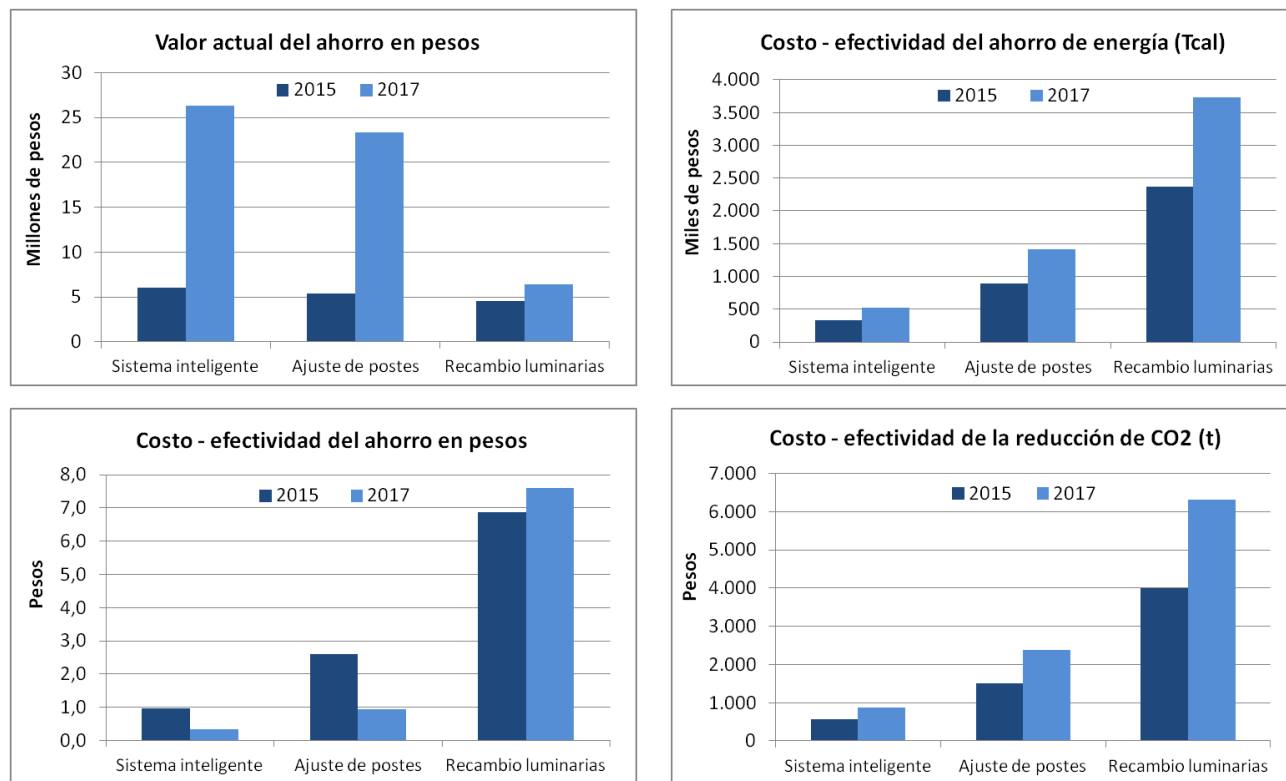
Fuente: Elaboración propia.

En referencia al análisis económico, el sistema inteligente de gestión de horas de operación tiene el menor costo por unidad de energía ahorrada, peso ahorrado, energía ahorrada y CO₂ no emitido, siendo más satisfactorio el escenario 2017. En la figura siguiente, se muestra el potencial de impacto económico de las medidas consideradas para los escenarios de precios 2015 y 2017.

³ Consultar anexo 1 para mayor información

Figura 12

Impacto económico de las medidas en el alumbrado público⁴



Fuente: Elaboración propia.

• Sector edificios públicos (EP)

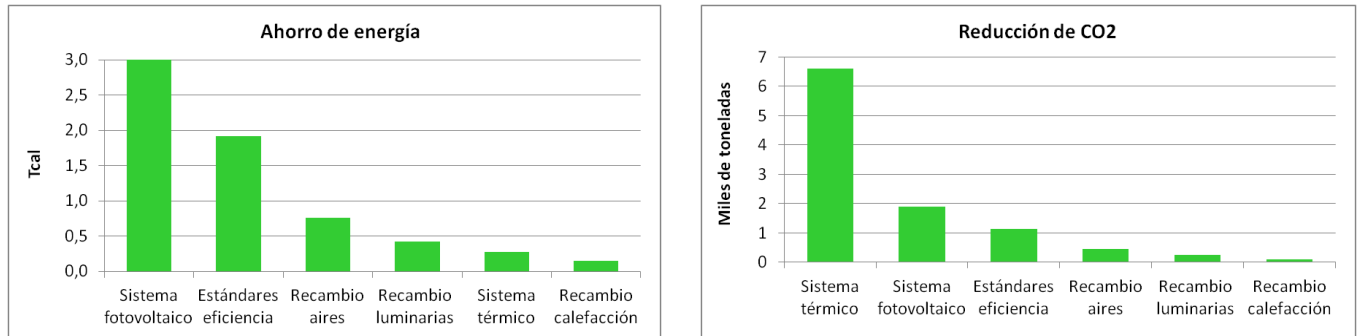
Dentro de las medidas evaluadas en este sector, el sistema fotovoltaico y el sistema solar térmico muestran los mayores beneficios energéticos y ambientales para el municipio. El primero de estos, presenta mayor potencial de ahorro de energía al reducir en más del 60% la demanda⁵ sobre el sistema actual, mientras que el sistema solar térmico tiene la mayor capacidad de reducción de CO₂. La figura siguiente presenta el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

⁴ Consultar anexo 1 para mayor información

⁵ El sistema fotovoltaico per se no reducirá el consumo de energía de los edificios públicos. El uso de esta tecnología permitirá reducir la demanda sobre sistema actual, que implicará para la municipalidad, una menor facturación por concepto de consumo de electricidad y mayor ahorro económico, que se traducirá en oportunidades de inversión para mejorar la prestación de servicios.

Figura 13

Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos⁶

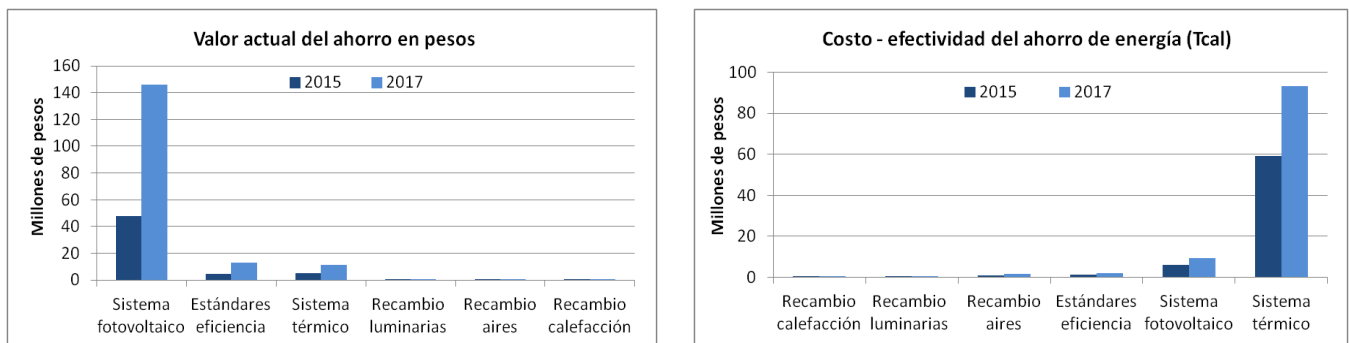


Fuente: Elaboración propia.

La evaluación económica indica que el sistema fotovoltaico tiene el mayor impacto de ahorro en pesos en valor presente y menor costo-efectividad del ahorro. 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. La figura siguiente muestra el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para una de las medidas analizadas.

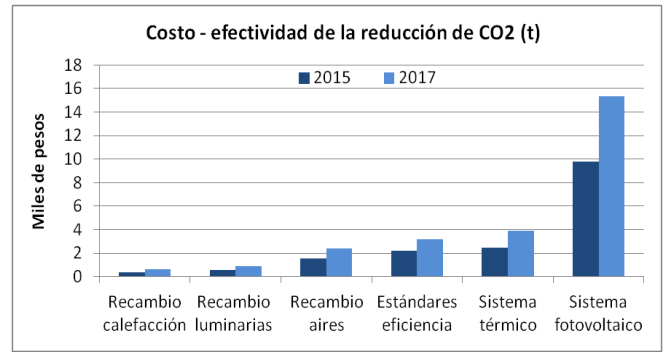
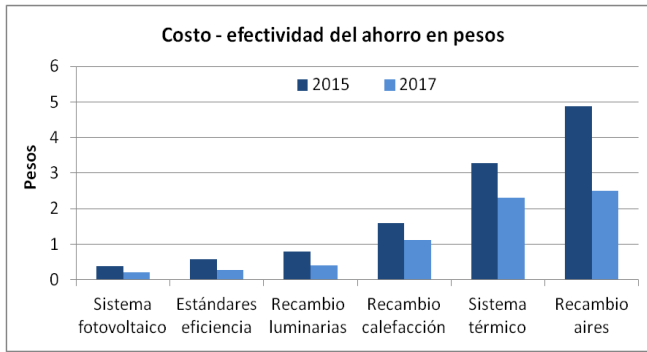
Figura 14

Impacto económico de las medidas en edificios públicos⁷



⁶ Consultar anexo 2 para mayor información

⁷ Consultar anexo 2 para mayor información

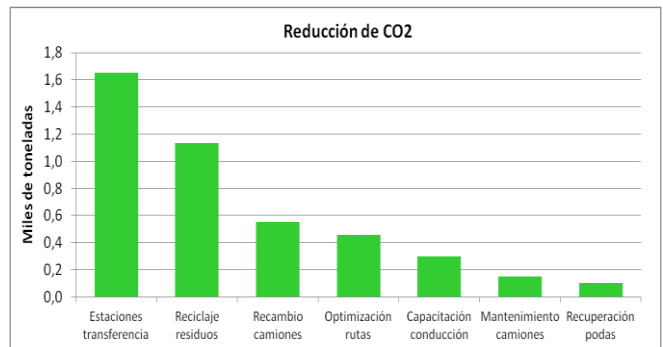
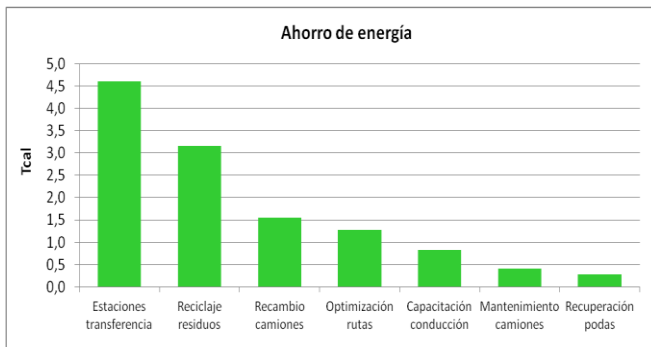


Fuente: Elaboración propia.

• Sector residuos sólidos (RS)

Para el sector residuos sólidos, el uso de estaciones de transferencia representa el mayor ahorro de energía y reducción de contaminantes. Estas estaciones permitirían reducir la distancia 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. A esta medida le sigue el recambio de camiones de la flota y el reciclaje de residuos. En la figura siguiente se muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas evaluadas.

Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos⁸



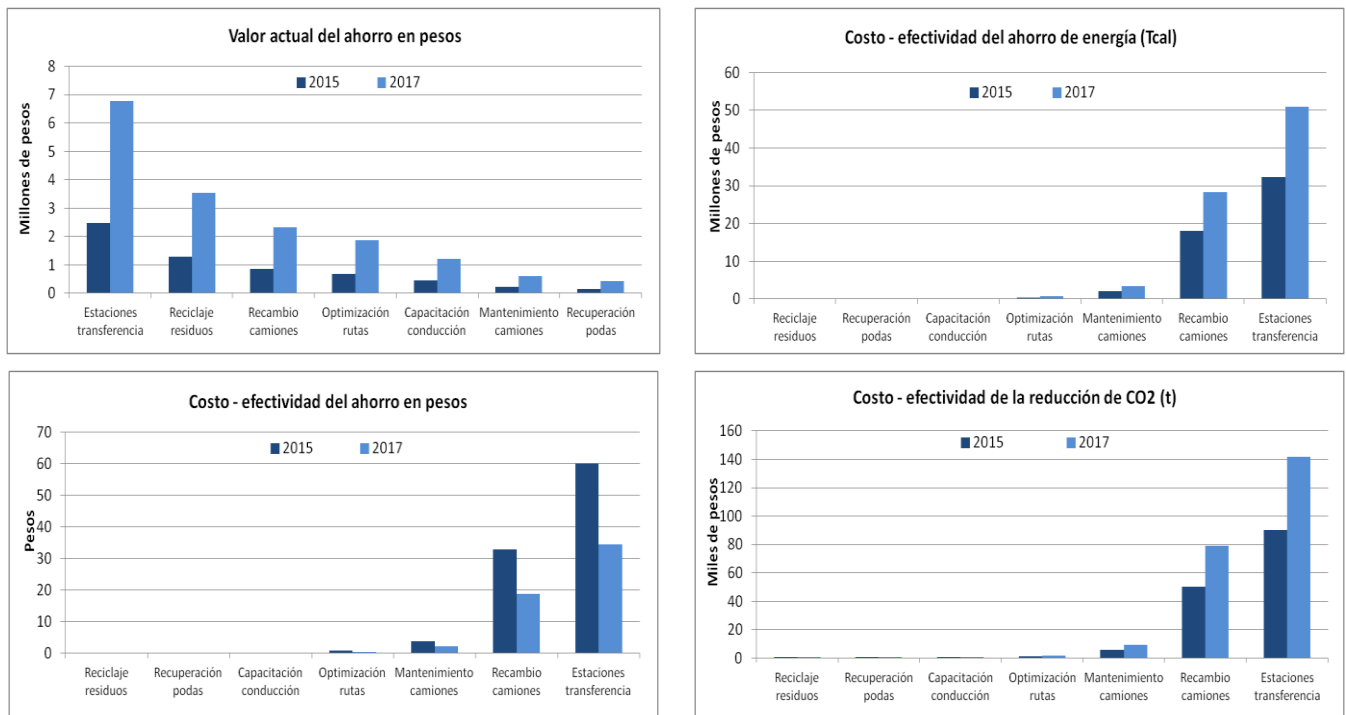
Fuente: Elaboración propia.

El análisis económico identifica a las estaciones de transferencia como la medida con mayor ahorro en pesos al valor actual para el municipio. No obstante, el reciclaje de residuos muestra la mejor relación costo efectividad del ahorro de energía, ahorro en pesos y reducción de CO₂. Además, el reciclaje alcanza la tasa interna de retorno más alta entre las medidas evaluadas para los escenarios 2015 y 2017. 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.

⁸ Consultar anexo 3 para mayor información

Figura 16

Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos⁹



Fuente: Elaboración propia.

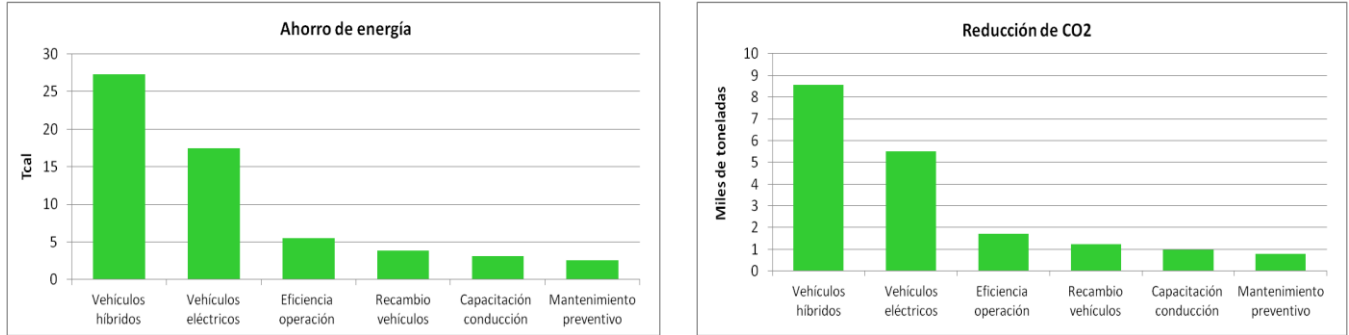
• Sector transporte flota municipal (TFM)

En este sector la medida de recambio de la flota municipal por vehículos híbridos tiene el mayor impacto energético y al ambiental para un escenario de 10 años. Le siguen el recambio de la flota por vehículos eléctricos y la mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular. La figura

⁹ Consultar anexo 3 para mayor información

siguiente muestra el impacto potencial de ahorro de energía y reducción de CO₂ para las medidas consideradas.

Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal¹⁰

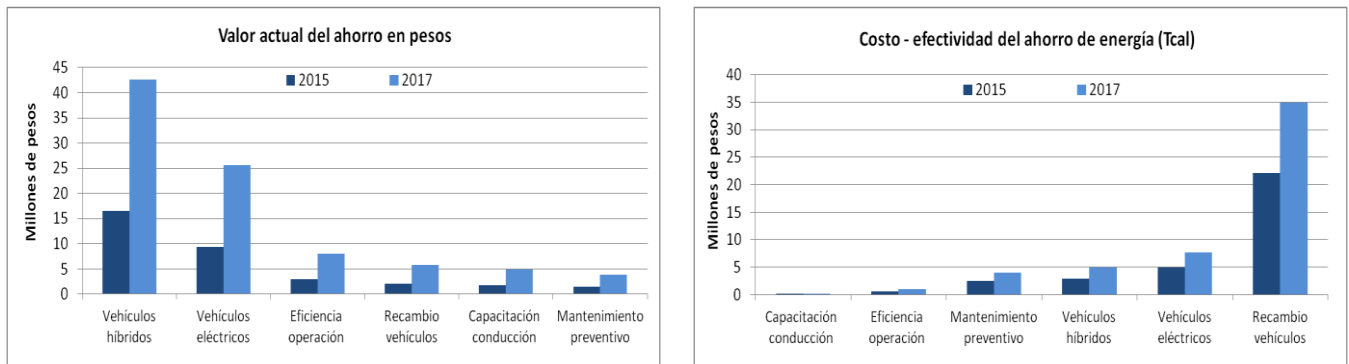


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la evaluación económica indican que el recambio de la flota por vehículos híbridos presenta el mayor ahorro para el presupuesto municipal al valor actual, siendo más favorable el escenario 2017. No obstante, la capacitación para la conducción eficiente 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 vehicular. La figura siguiente muestra el impacto de las medidas evaluadas.

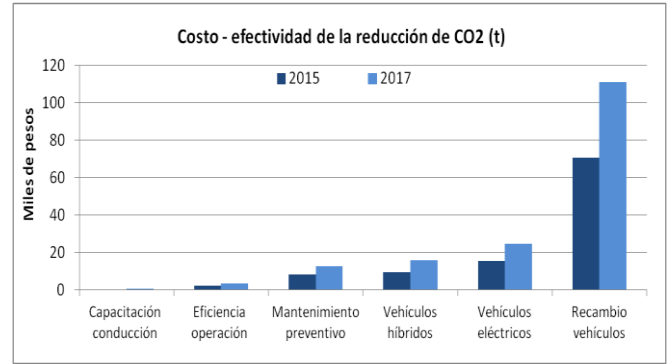
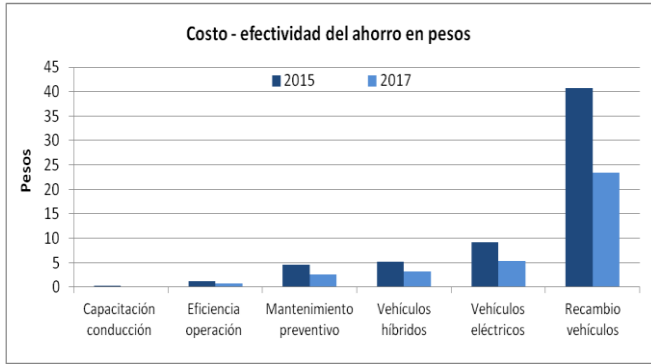
Figura 18

Impacto económico de las medidas en la flota municipal¹¹



¹⁰ Consultar anexo 4 para mayor información

¹¹ Consultar anexo 4 para mayor información



Fuente: Elaboración propia.

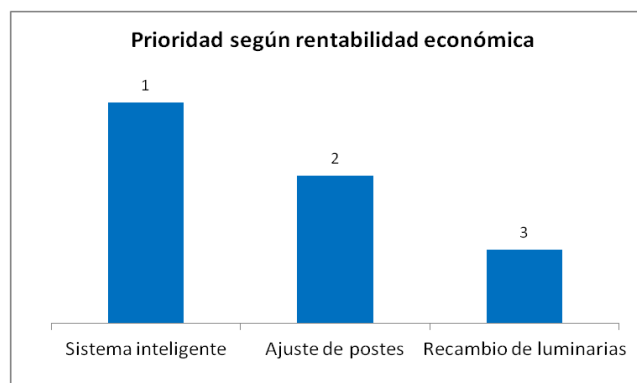
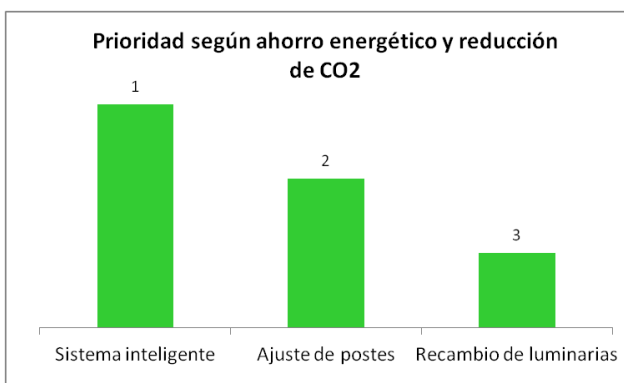
4.2. Priorización de las medidas

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.

Para el caso del sector alumbrado público, la primera medida corresponde al sistema inteligente de gestión de horas de operación por su alta rentabilidad económica, ahorro de energía y reducción de emisiones de CO₂. A esta medida le sigue al ajuste del funcionamiento de los postes de iluminación. En la figura siguiente se muestra el orden de prioridad de las medidas evaluadas para el alumbrado público.

Figura 19

Priorización económica y energética de las medidas (AP)

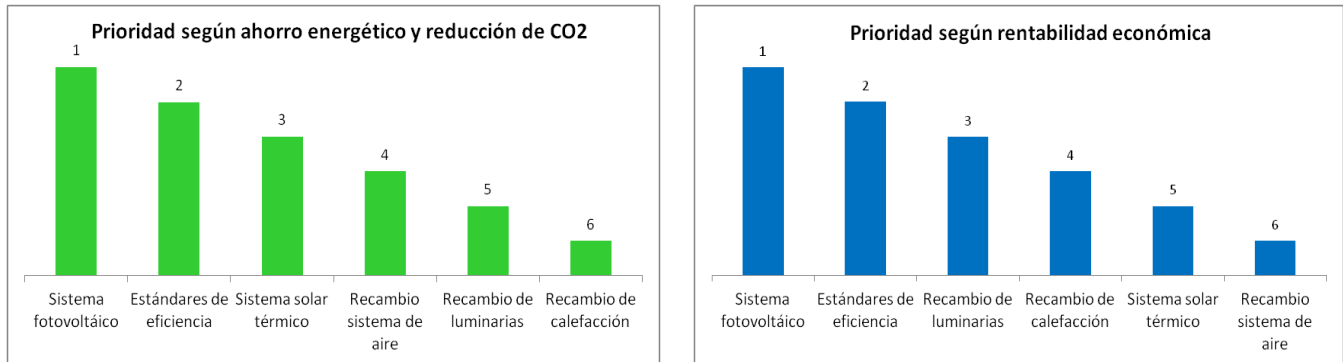


Fuente: Elaboración propia.

En el sector de edificios públicos, el mayor ahorro energético y reducción de CO₂ se obtiene con la instalación de sistemas fotovoltaicos. En un segundo nivel de importancia le siguen la exigencia de estándares mínimos de eficiencia energética para la compra de artefactos y los sistemas solares térmicos. Desde el punto de vista económico, el sistema fotovoltaico muestra ser la medida más

rentable, seguida de la exigencia de estándares mínimos de eficiencia energética. En la figura siguiente se muestra el orden de prioridad de las medidas evaluadas para los edificios públicos.

Priorización económica y energética de las medidas (EP)

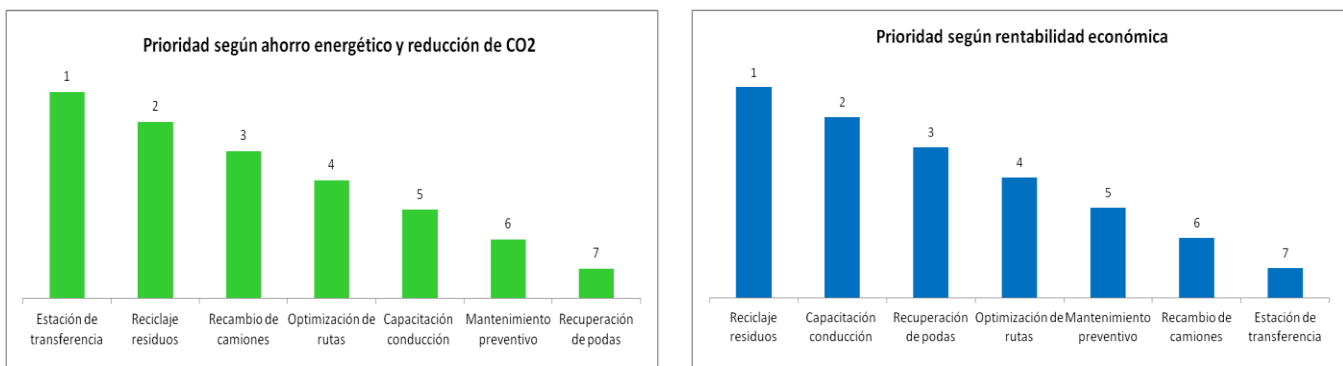


Fuente: Elaboración propia.

La medida de mayor beneficio en el sector residuos públicos corresponde a las estaciones de transferencia. Esta medida se destaca por maximizar el ahorro energético y minimizar las emisiones de CO₂. Seguidamente se encuentran el reciclaje de residuos sólidos y el recambio de camiones de recolección. No obstante, el reciclaje de residuos y la capacitación para la conducción eficiente de camiones de recolección de residuos alcanzan la mayor rentabilidad.

Figura 21

Priorización económica y energética de las medidas (RS)



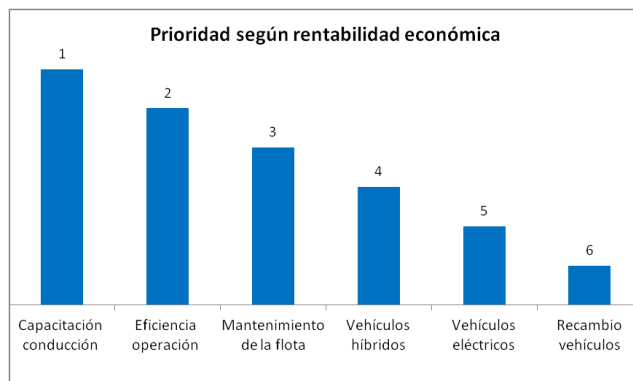
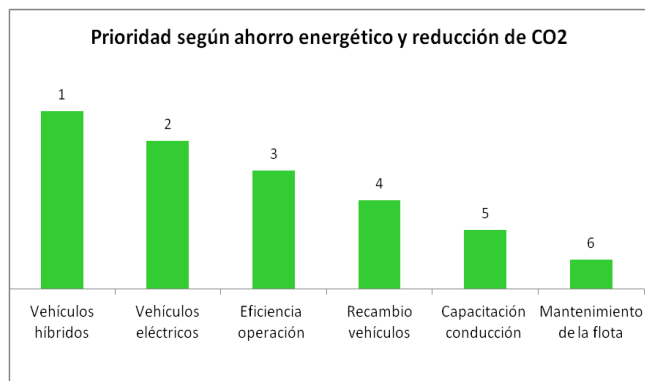
Fuente: Elaboración propia.

Para la flota de transporte municipal se destaca el recambio de la flota por vehículos híbridos como la medida más efectiva para maximizar el ahorro de energía y minimizar las emisiones de CO₂. Luego, sigue el recambio de la flota por vehículos eléctricos y la mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular. Por otra parte, la capacitación para la conducción eficiente de la flota vehicular

resulta la medida más rentable, seguida del mejoramiento en la eficiencia de operación y el mantenimiento de la flota vehicular.

Figura 22

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 Mendoza se concentran en los sectores de alumbrado público, residuos sólidos y flota vehicular municipal. El alumbrado público el sistema inteligente de gestión y el ajuste de condiciones de funcionamiento de los postes y puntos de iluminación ofrece los mejores beneficios económicos y de ahorro energético y reducción de CO₂. Por otro lado, en el sector de residuos sólidos, el reciclaje de residuos tiene la mayor rentabilidad económica, y el uso de estaciones de transferencia ofrece el mayor aporte ambiental. Por último, para la flota municipal la capacitación en conducción eficiente es la medida más rentable; sin embargo, el recambio por vehículos híbridos alcanza la mayor reducción de CO₂ y ahorro de energía.

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. Ajuste de postes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema inteligente de gestión de horas de operación. 2. Ajuste de postes
Edificios públicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema fotovoltaico 2. Programa de estándares de eficiencia energética para la compra de artefactos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema fotovoltaico 2. Programa de estándares de eficiencia energética para la compra de artefactos
Residuos sólidos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reciclaje de residuos. 2. Capacitación en conducción eficiente. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estaciones de transferencia 2. Reciclaje de residuos.

Flota transporte municipal	1. Capacitación en conducción eficiente	1. Recambio de la flota por vehículos híbridos.
	2. Mejora de la eficiencia de operación del parque actual de vehículos pesados	2. Recambio de la flota por vehículos eléctricos.

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

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

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

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

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

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

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

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

Referencias

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

DeLuca, M., y Giorgi, N. 2015. Estudio de estrategia y factibilidad de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) para la República 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>

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

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

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

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

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

UNCuyo. Producto Bruto Geográfico per cápita. En base a datos de la Facultad de Ciencias Económicas de la UNCuyo junto con la Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas (DEIE). Disponible en: <http://www.politicaspUBLICAS.uncu.edu.ar/reporte/grafico/122>

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

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 14 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 8.034 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 6,6 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría reducir incrementar el ahorro a 16 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 9.353 toneladas, con un ahorro en valor presente de 7,7 millones de pesos¹².

Los resultados del costo-efectividad del recambio de luminarias de alumbrado público, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.306.288 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 3.896 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 6,69 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al emplear los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado aumenta a 7,39 pesos. Para el escenario optimista de 2015 cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.528.909 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 4.272 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 7,33 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado aumenta a 8,11 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo, muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 0,19%, con un período de recuperación de la inversión (PRI) mayor a 10 años. Esta misma medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

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

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 18 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 10.411 toneladas de CO₂.

¹² En base a condiciones del año 2017

Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 26,3 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría reducir incrementar el ahorro a 23 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 13.609 toneladas, con un ahorro en valor presente casi de 34,3 millones de pesos¹³.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 330.143 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 558 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,96 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 0,27 pesos.

Para el escenario optimista y condiciones de 2015, cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 252.545 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 427 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,73 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,27 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida, con una tasa interna de retorno (TIR) de 69% y un período de recuperación de la inversión (PRI) menor a tres años. La medida resulta aún rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 28% y un PRI cercano a nueve 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. Bajo un escenario optimista se plantea alcanzar un ahorro del 30% para estas mismas tecnologías.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 16 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 9.251 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 16,3 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 23 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 13.665 toneladas, con un ahorro en valor presente de 34,5 millones de pesos¹⁴.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 894.609 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.511 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2,59 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 0,94 pesos.

¹³ En base a condiciones del año 2017

¹⁴ En base a condiciones del año 2017

Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 594.711 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 954 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 0,59 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 19,45%, con período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a 9 años. La medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

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

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

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,13 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 79 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 284 mil pesos. Bajo un escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 1,06 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 628 toneladas, con un ahorro en valor presente de 1,2 millones de pesos¹⁵.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 915.390 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.549 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,31 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios del 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,67 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 232.078 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 392 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,60 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,31 pesos.

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

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

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

¹⁵ En base a condiciones del año 2017

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 1,62 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 961 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 10,8 millones de pesos. Para el escenario optimista, la medida podría incrementar el ahorro a 2,89 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.712 toneladas, con un ahorro en valor presente de 21,4 millones de pesos¹⁶.

Los resultados indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1.518.189 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.565 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,69 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,33 pesos. Para el año 2015, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 997.609 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.685 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,41 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,20 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo, con una TIR de 66,9%, y un PRI menor a tres años. Igualmente, para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, presenta un VAN positivo, una TIR de 36,6% y un PRI cercano a tres 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 fabricados antes del año 2008 por equipos nuevos con eficiencia de clase A. En un escenario optimista, la medida aspira que el total de los equipos haya sido fabricado después del año 2012 y que cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,74 Tcal y reducción de 438 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 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 mayor a 617 mil pesos¹⁷.

Los resultados del costo-efectividad 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 5,00 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles

¹⁶ En base a condiciones del año 2017

¹⁷ En base a condiciones del año 2017

de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 2,55 pesos. 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 tiene 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 actual neto es negativo y tiene una TIR de 0,2%, mientras que, para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, tiene un TIR de -12,2%.

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,15 Tcal y reducción de 90 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 49 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,24 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 143 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 80 mil pesos¹⁸.

Los resultados del costo-efectividad 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. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 155.845 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 actual neto es negativo y tiene una TIR de 15,4%. Mientras que, para las tarifas de electricidad del año 2015, su VAN es negativo y su TIR es de 6,6%.

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,26 Tcal y reducción de 6.184 toneladas de CO₂. Además, su

¹⁸ En base a condiciones del año 2017

implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 10,4 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,52 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 12.368 toneladas, con un ahorro en valor actual neto de 20,9 millones de pesos¹⁹.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 59.232.418 millones pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.478 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene costo de 3,28 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 2,30 pesos. Para el escenario optimista los valores de costo efectividad se mantendrían iguales al promedio.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es 1,5%. Bajo las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015., el VAN sigue siendo negativo y su TIR de -6,5%.

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 bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,56 Tcal y reducción de 332 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 25,3 millones de pesos. Para el escenario optimista, se podría incrementar el ahorro a 8,87 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.252 toneladas, y un ahorro en valor presente de 401,7 millones de pesos²⁰.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.830.789 de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.850 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,39 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 0,20 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.765.056 de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.782 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 0,39 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 0,20 pesos.

¹⁹ En base a condiciones del año 2017

²⁰ En base a condiciones del año 2017

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 88,6%. Esta misma medida resulta rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 56,7%.

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

Medida 1. Estaciones de transferencia: consiste en la instalación de la infraestructura necesaria para transferir los residuos sólidos recolectados a camiones de mayor capacidad para su disposición final. En un escenario promedio se supone que las estaciones de transferencia se encontrarán a una distancia máxima de 30 kilómetros de los principales puntos de recolección del municipio, mientras que para un escenario optimista se supone que esta distancia será de 18 kilómetros.

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

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

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

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,83 Tcal y reducción de 297 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 1,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 1,27 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 457 toneladas, con un ahorro en valor presente de 1,8 millones de pesos²¹.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 36.649 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 102 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,068 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 0,039 pesos.

Para el escenario optimista y tarifas del 2015, la medida exhibe iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

²¹ En base a condiciones del año 2017

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es de 415%. Resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 326%.

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 0,41 Tcal y reducción de 149 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente de 610 mil de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,64 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 229 toneladas, con un ahorro en valor presente de 938 mil pesos²².

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.103.315 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 5.864 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 3,91 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 2,25 pesos. El escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo y su TIR alcanza 2%. De igual manera, para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, el VAN es negativo y su TIR de -9%.

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.

²² 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 mejor rendimiento en el consumo de combustible. Para el escenario promedio se supone el recambio del 66% de la flota que tiene una antigüedad mayor a seis años. Dentro del total de vehículos a recambiar la mitad de estos se sustituirían por camiones de tecnología diésel y el resto por tecnología de gas natural comprimido (GNC). Para el escenario optimista se contempla el recambio de la totalidad de los vehículos que sobrepasan seis años de antigüedad por camiones de tecnología GNC.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 1,27 Tcal y reducción de 454 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 1,8 millones de pesos. Para el escenario optimista se podría incrementar el ahorro a 3,14 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.128 toneladas, con un ahorro en valor presente de 4,7 millones de pesos²³.

Los resultados de la evaluación del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 21.369.482 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 59.577 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 39 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 22 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 14.046.952 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 39.162 y el costo de cada peso ahorrado es de 26 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 15 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su TIR es de -24%. Siendo el análisis para el año 2015 aún más desfavorable.

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

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

²³ 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 1,27 Tcal y reducción de 457 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 1,8 millones de pesos²⁴.

Los resultados del costo-efectividad indican que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 428.368 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 1.194 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,80 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 0,46 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR alcanza 42%. Para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, el VAN es positivo y la TIR de 25%.

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

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

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,31 Tcal y reducción de 109 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 449 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,47 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 168 toneladas, con un ahorro en valor presente de 691 mil pesos²⁵.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 15.819 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 44 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,029 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,017 pesos. Por otra parte, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado. Es importante notar que la medida resulta rentable siempre y cuando se cuente (sin costo adicional) con los mecanismos para el

²⁴ En base a condiciones del año 2017

²⁵ En base a condiciones del año 2017

procesamiento y distribución de la biomasa resultante de las podas. Esto hace que la recuperación de la inversión sea en un periodo no mayor a un año.

Medida 7. Reciclaje de residuos: consiste en la clasificación y reutilización de los residuos sólidos que serán enviados a su disposición final. La medida busca reducir el número de recorridos de los camiones de recolección. Esta medida supone como inversión el gasto generado por el transporte de residuos reciclables a centros de procesamiento, más no la construcción de plantas o la transformación de los residuos. En un escenario promedio se plantea trasladar el 55% del volumen total de los residuos recuperados para reducir el recorrido final de los camiones de recolección y generar un ahorro estimado del 22% en consumo de combustible. En un escenario optimista se plantea el traslado a centros de recuperación del 80% de los residuos recuperados.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 3,15 Tcal y reducción de 1.131 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 3,5 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro de energía a 4,59 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.646 toneladas, con un ahorro en valor presente de 5,1 millones de pesos²⁶.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 11.658 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 33 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,029 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,016 pesos. Por otra parte, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado. Es importante notar que la medida resulta rentable siempre y cuando cuente con los mecanismos que permitan gestionar otros usos a este tipo de residuos.

²⁶ 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 de municipal, y expandir el alcance al 100% para el caso del escenario optimista.

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 3,14 Tcal y reducción de 988 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 4,8 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 4,84 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.520 toneladas, con un ahorro en valor presente de 7,4 millones de pesos²⁷.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 133.445 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 425 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,24 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 0,14 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR es de 126%. Esta misma medida resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 94%.

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

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

²⁷ En base a condiciones del año 2017

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 2,52 Tcal y reducción de 790 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 3,8 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro de energía a 3,87 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 1.216 toneladas, con un ahorro en valor presente de 5,9 millones de pesos²⁸.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2.565.111 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 8.164 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 4,56 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado disminuye a 2,62 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo las condiciones de precios del año 2017, el valor actual neto es negativo y su TIR es -1%. Analizando el escenario para el año 2015, la medida tiene un VAN negativo y una TIR -11%.

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

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

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 3,40 Tcal y reducción de 1.067 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 5 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 7,21 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 2.267 toneladas, con un ahorro en valor presente de 10,7 millones de pesos²⁹.

²⁸ En base a condiciones del año 2017

²⁹ En base a condiciones del año 2017

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 24.525.370 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 78.061 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 45,21 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 25,99 pesos. El escenario optimista al año 2015, indica que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 18,8 millones de pesos, la tonelada de CO₂ reducida 78.061 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 34,58. Para el caso del año 2017, este último se reduce a 19,88.

Bajo condiciones 2015 y 2017, la medida presenta valores actuales netos y tasas internas de retorno negativas.

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

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo el escenario planteado, muestra un potencial de ahorro de energía de 5,48 Tcal y reducción de 1.723 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 8,07 millones de pesos³⁰.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 666.966 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 2.123 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,24 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 0,71 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 27%. Esta misma medida tiene un VAN negativo para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015 y alcanza una TIR del 12%.

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

³⁰ En base a condiciones del año 2017

motores eléctricos. Para el escenario promedio se supone el recambio del 65% de la flota vehicular, mientras que el escenario optimista propone el recambio de la totalidad de los vehículos.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 28,91 Tcal y reducción de 9.083 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 45,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 44,47 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 13.973 toneladas, con un ahorro en valor presente de 69,5 millones de pesos³¹.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 3.059.969 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 9.739 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 5,36 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 3,08 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es de -4%. Igualmente, para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, su VAN es negativo y su TIR del -13%.

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 11,31 Tcal y reducción de 3.554 toneladas de CO₂. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 15,5 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría reducir incrementar el ahorro a -17,40 Tcal y reducir las emisiones de CO₂ a 5.467 toneladas, con un ahorro en valor presente de 23,9 millones de pesos³².

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 7.803.674 pesos, la tonelada de CO₂ reducida 24.838 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 15,54 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 8,93 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra iguales costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO₂ reducida y peso ahorrado.

³¹ En base a condiciones del año 2017

³² En base a condiciones del año 2017

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su TIR sería de -5%. De igual manera, para el análisis para el año 2015 refleja un VAN al 18% negativo y una TIR de -16%.