



# DIAGNÓSTICO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MUNICIPIO GODOY CRUZ

Enero de 2018





# Índice

Agradecimientos .....	v
Antecedentes .....	viii
Introducción.....	ix
1. Municipio Godoy Cruz en cifras.....	11
2. Metodología del diagnóstico en municipios .....	14
3. Consumo de energía del municipio .....	17
3.1. Alumbrado público (AP).....	17
3.2. Residuos sólidos (RS).....	20
3.3. Agua potable y residual (APR).....	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 de Godoy Cruz .....	26
• Sector alumbrado público (AP).....	27
• Sector edificios públicos (EP).....	28
• Sector residuos sólidos (RS) .....	30
• Sector transporte flota municipal (TFM).....	32
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 dentro del municipio Godoy Cruz _____	12
<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 <sub>2</sub> por luminaria en municipios _____	19
<i>Figura 5</i>	Composición de residuos sólidos de Godoy Cruz _____	20
<i>Figura 6</i>	Rendimiento promedio del consumo de combustible por municipio _____	21
<i>Figura 7</i>	Antigüedad de las bombas del sistema de abastecimiento de aguas _____	22
<i>Figura 8</i>	Antigüedad de las bombas del sistema de tratamiento de aguas _____	23
<i>Figura 9</i>	Distribución de antigüedad de los vehículos de la flota municipal _____	24
<i>Figura 10</i>	Consumo de combustible por tipo de vehículo de la flota municipal _____	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 _____	27
<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 Godoy Cruz _____	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 Erica Pulido y Dario Falcone 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 Godoy Cruz.

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

# DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN GODOY CRUZ



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.**



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

★★★★ Sistema inteligente de gestión de operación

28 %

6.055 t/año

Escenario 2017: TIR = 150% & PRI = 1 año

★★★★ Ajuste de los postes del alumbrado público

★★★★ Recambio de luminarias

## Sector Edificios Públicos

- Cuenta con **37 edificios públicos**
- Consumo promedio: **425 kWh/m<sup>2</sup>**

★★★★ Sistema fotovoltaico

40%

32 t/año

Escenario 2017 TIR = 86,4% & PRI < 2 años

★★★★ Programa de recambio de luminarias incandescentes.

★★★★ Programa de estándares mínimos de eficiencia

## Sector Residuos Sólidos

- Genera **61.360 ton/año** de residuos sólidos
- Conformada por **50 camiones** de recolección
- Rendimiento promedio: **2 km/l** de combustible

★★★★ Reciclaje de residuos

26%

1.756 t/año

Escenario 2017: TIR 27.858% & PRI < 1 año

★★★★ Optimización en la selección de rutas

★★★★ Capacitación en conducción eficiente

## Sector Flota Municipal

- Posee **199 unidades**
- La flota recorre **111.600 km/año**

★★★★ Capacitación en conducción eficiente

6%

357 t/año

Escenario 2017: TIR = 653% & PRI < 1 año

★★★★ Mejora de la eficiencia de operación de vehículos esados

★★★★ Mantenimiento preventivo de la flota

## BARRERAS

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

INSTITUCIONALES

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

TÉCNICAS

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

ECONÓMICAS

## Antecedentes

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

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

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



## Introducción

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

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

Para la política energética, la eficiencia en el uso de energía representa un importante motor para el desarrollo. Su promoción, además de mejorar la competitividad de los países, apoya las acciones para reducir las de emisiones contaminantes y dependencia energética. En la medida que la sociedad en su conjunto consuma menos energía para satisfacer sus necesidades productivas y de actividad económica, más competitiva será la economía. Por su parte las acciones para reducir el impacto ambiental se apoya 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 podría facilitar la diversificación del consumo de fuentes alternativas que permitan reducir la dependencia de 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 paso para identificar los sectores con mayor potencial de reducción de consumo de energía.

En consideración de lo anterior se justifica la preparación de diagnósticos de eficiencia energética en los municipios de Argentina, a fin de evaluar e identificar las oportunidades de ahorro que resulten de la implementación de medidas que disminuyan el gasto municipal, reduzcan el consumo de energía y de emisiones contaminantes. El presente diagnóstico de Guaymallén se compone de cinco secciones. La primera sección describe los aspectos más relevantes de su territorio, población, economía y consumo de energía. La segunda y tercera sección 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 Godoy Cruz en cifras

Con una superficie de 75 km<sup>2</sup>, el municipio Godoy Cruz se caracteriza por tener un clima templado-semiárido. Su temperatura media anual es de 16°C, con máximas que superan los 42°C en verano y mínimas de -5°C en los meses invernales. Las precipitaciones alcanzan en promedio anual 219,7 mm. Los vientos predominantes provienen del oeste, principalmente en otoño e invierno, mientras que los del suroeste se hacen sentir en primavera y verano (DEIE, 2012). El municipio se localiza en la Provincia de Mendoza, limitando al norte con el departamento Ciudad de Mendoza, al este con los departamentos de Guaymallén y Maipú, al sur con el departamento de Luján de Cuyo y al oeste con el río Mendoza (DEIE, 2012).

El municipio de Godoy Cruz cuenta con una población de 191.903 habitantes, distribuidos en 58.531 hogares conformados en promedio por 3,29 personas (INDEC, 2017a). De las 53.487 viviendas ubicadas en el municipio, el 99,59% se ubican en el área urbana y el resto en zonas rurales. En cuanto al acceso de electricidad, el 99,41% de los hogares cuenta con un servicio abastecido por redes de distribución.

### • **Economía**

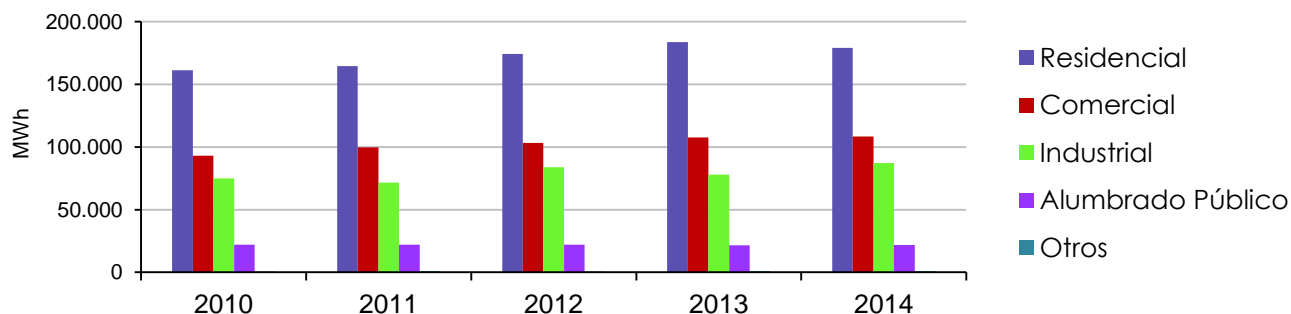
Para el año 2014, el municipio generó un producto bruto geográfico<sup>1</sup> (PBG) de 15.184 millones de pesos, que representó el 11% del PBG provincial (UNCuyo). El desarrollo económico de Godoy Cruz se fundamenta en la actividad comercial, de servicios, financiera e industrial. En 2014 la actividad comercial alcanzó un PBG de 6.324 millones de pesos, 42% del PBG municipal, mientras que la producción de servicios generó un PBG de 2.778 millones de pesos, aportando 19% al PBG del municipio. La actividad financiera representó 16% del PBG municipal, mientras que la industria concentró 11%. La municipalidad de Godoy Cruz, a cargo de la prestación de servicios a la comunidad, contó con un presupuesto de 642 millones de pesos para el año 2015.

### • **Consumo de energía**

En el año 2014 se registró para el municipio un consumo total de electricidad de 397.163 MWh, 12,8% superior al consumo facturado para el año 2010 (MEM, 2017a). La figura siguiente muestra la evolución y distribución del consumo de energía para el periodo 2010 - 2014. Dentro de las atribuciones del municipio, se observa que el consumo de energía del sector alumbrado público muestra una disminución de 1,47% en el consumo de electricidad durante el periodo, pasando de 22.161,97 MWh en 2010 a 21.835,57 MWh en 2014.

---

<sup>1</sup> “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 dentro del municipio Godoy Cruz**

Fuente: (MEM, 2017a).

- **Eficiencia energética**

Hasta el momento la municipalidad no cuenta con normativas orientadas al uso eficiente de la energía. Sin embargo, a nivel nacional y provincial se han aplicado algunas iniciativas legales y estratégicas en esta materia.

En referencia a proyectos de eficiencia energética, actualmente se desarrollan programas 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).

En 2015 se inauguró en Godoy Cruz la primera planta fotovoltaica que suministra energía renovable a los galpones del Paseo Verde Luis Menotti Pescarmona. Se trata de un sistema de pequeña potencia constituido por 40 paneles fotovoltaicos para el autoabastecimiento del lugar y despachando los excedentes a la red eléctrica convencional de la Cooperativa Eléctrica.



## 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 Godoy Cruz**

Planilla	Síntesis de información
<b>1. Información básica</b>	A.- Datos generales a nivel nacional. B.- Datos generales del municipio. C.- Consumo y gastos de energía del municipio.
<b>2. Alumbrado público</b>	A.- Infraestructura de alumbrado público y servicios. B.- Consumo de electricidad, gastos y presupuesto. C.- Propietario o responsable.
<b>3. Edificios públicos</b>	A.- Infraestructura de servicios. B.- Consumo de electricidad, gastos y presupuesto. C.- Propietario o responsable. D.- Potencial para la instalación de paneles solares.
<b>4. Residuos sólidos</b>	A.- Generación de residuos. B.- Recolección y gestión de residuos. C.- Propietario o responsable.
<b>5.- Flota vehicular municipal</b>	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 CO<sub>2</sub>) 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> provienen de la relación entre el costo de la medida y el ahorro de energía o reducción de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>. 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
<b>Ahorro de energía (Ahe)</b>	Reducción del consumo de energía producto de la aplicación de la medida	A mayor Ahe mayor prioridad
<b>Reducción de CO<sub>2</sub> (RCO<sub>2</sub>)</b>	Abatimiento del CO <sub>2</sub> producto de la aplicación de la medida	A mayor RCO <sub>2</sub> mayor prioridad

Indicadores económicos	Definición	Interpretación
<b>Costo - efectividad (CE)</b>	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
<b>Valor actual neto (VAN)</b>	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
<b>Tasa interna de retorno (TIR)</b>	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
<b>Periodo de recuperación de la inversión (PRI)</b>	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)

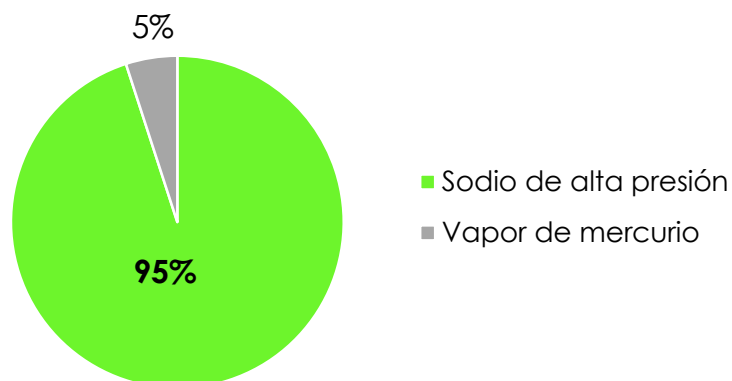
El municipio Godoy Cruz cuenta con alumbrado público en todas sus vías de tránsito y espacios públicos. El parque instalado de luminarias se compone por 29.680 puntos de iluminación. Los puntos de iluminación del municipio están distanciados en promedio a 35 metros y cuentan con un monitoreo del consumo por medidores.



*Instalaciones del alumbrado público del municipio.*

Del total de luminarias, el 87% están destinadas a la iluminación de caminos, calles y carreteras; mientras que el 13% restante está instalado en zonas recreacionales como parques, monumentos y plazas. Se destacan dos inversiones de importancia en el sistema de alumbrado realizadas el año 2007. La primera fue la reconversión de las luminarias de vapor de mercurio a tecnología de sodio de alta presión, y la segunda, consistió en la reestructuración del circuito de iluminación, pasando de dos luminarias promedio por calle, a 16 en las calles con menor circulación y a 33 en las avenidas ubicadas frente a espacios verdes.

### ***Distribución de tecnologías para alumbrado público***



*Fuente:* Elaboración propia.

La figura anterior destaca que la tecnología de sodio de alta presión tiene la mayor participación en el parque instalado de alumbrado público, con 95% del total. Los puntos con luminarias de sodio de alta presión cuentan con una potencia instalada que varía entre 150, 250 y 400 Watts. A esta tecnología le siguen las luminarias de vapor de mercurio, con 5% del total y una potencia promedio de 400 Watts.

A continuación se listan algunos indicadores relevantes del sector:

- Consumo anual de electricidad por km de calles iluminadas: 3.521 kWh/km
- Porcentaje de calles iluminadas en el municipio: 100%
- Consumo anual de electricidad por poste de iluminación: 126 kWh/poste

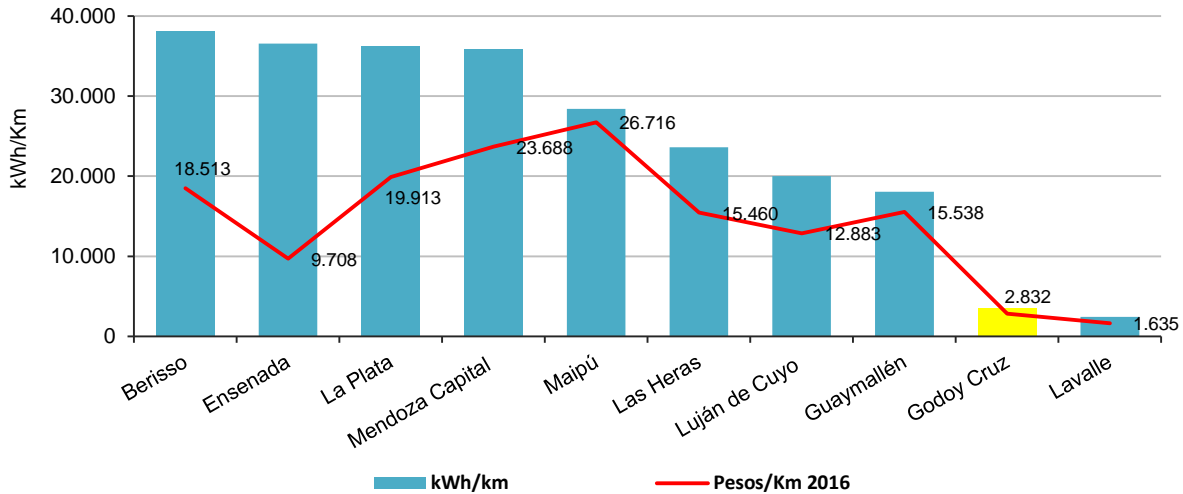
Se reporta que el alumbrado público funciona en promedio 13 horas al día en todo el municipio, lo que significa 4.745 horas de operación al año. El alumbrado público municipal cuenta con un sistema de gestión inteligente de luminarias que permite regular la cantidad de luminosidad de cada poste en base a la hora del día y la luz natural disponible.

El municipio registra un porcentaje de averías del 2% del total de puntos de iluminación. Del parque instalado, el 80% de los puntos tiene más de 6 años de antigüedad, 10% entre 3 a 6 años y 10% con 2 años o menos.

Al comparar al municipio con otros analizados, se identifica que es el segundo de menor consumo de energía y gasto por kilómetro de iluminación, tal como se muestra en la figura siguiente.

**Figura 3**

### **Consumo de electricidad y gasto en alumbrado público**

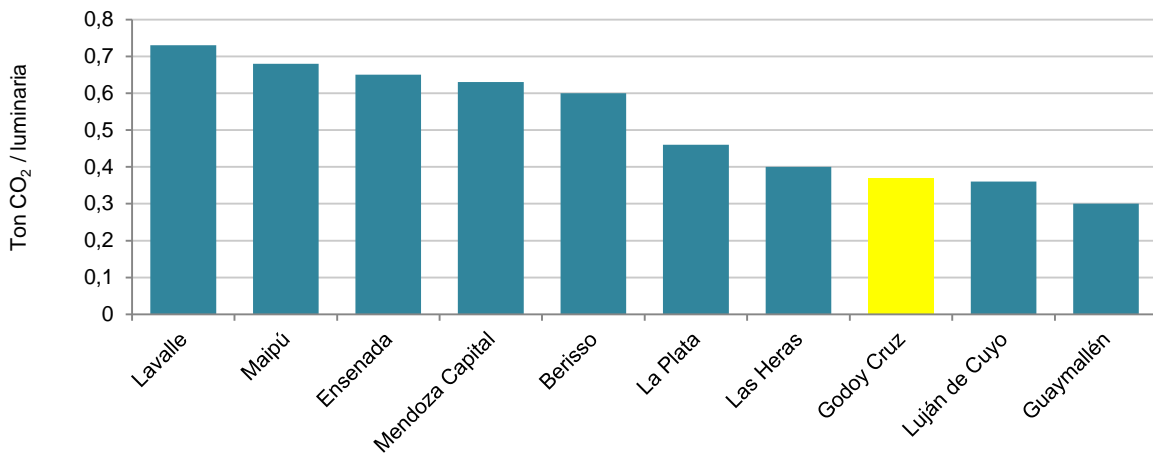


*Fuente:* Elaboración propia.

El alumbrado público de Godoy Cruz es operado por la municipalidad. Para el año 2015, el departamento destinó cerca de 20 millones de pesos para gastos de electricidad, operación y mantenimiento del alumbrado público.

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 CO<sub>2</sub> por MWh), las emisiones totales alcanzaron 11.201 toneladas de CO<sub>2</sub> al cierre de 2015. Analizado por unidad, el municipio emite en promedio 0,37 toneladas anuales de CO<sub>2</sub> por luminaria instalada. A continuación, se comparan las emisiones del sistema de alumbrado público de La Plata, respecto a los municipios que cuentan con información.

**Figura 4** Comparativo de emisiones de CO<sub>2</sub> por luminaria en municipios



*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.2. Residuos sólidos (RS)

La municipalidad de Godoy Cruz provee el servicio de recolección de residuos. Para el año 2015 se generaron dentro del municipio 61.360 toneladas de residuos sólidos. El sector residencial produjo la mayor parte de los residuos representando 61% del total, seguido del sector comercial con 21% y el sector industrial; con el 18% restante. A continuación se muestran algunos de los recipientes para la acumulación de residuos sólidos.

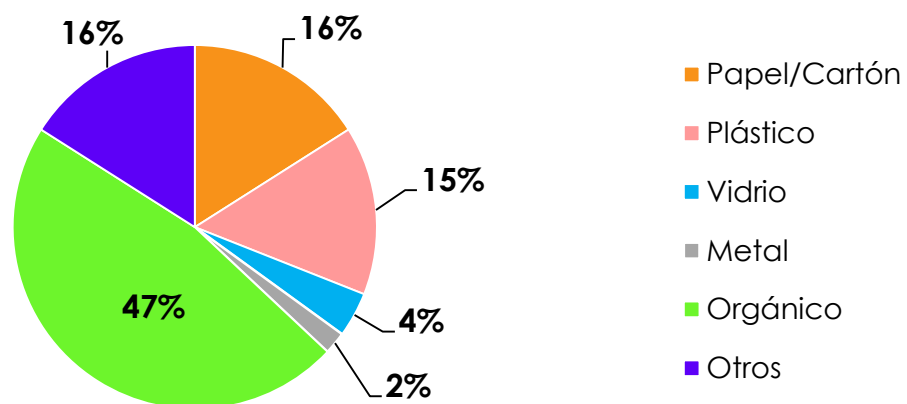


*Instalaciones de recolección de residuos en vías públicas.*

Actualmente la municipalidad no cuenta con información que describa la composición de los residuos sólidos generados. No obstante, se muestra a continuación la composición estimada en base a una caracterización nacional, que desagrega los residuos generados según tamaño de población.

**Figura 5**

**Composición de residuos sólidos de Godoy Cruz**



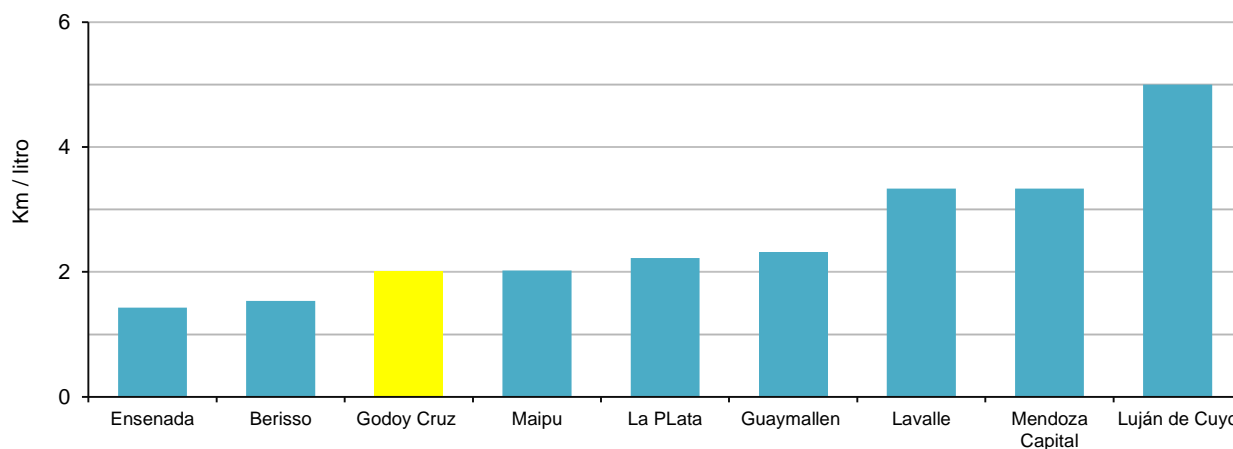
*Fuente:* DeLuca y Giorgi (2015).

Los residuos sólidos de la municipalidad son recolectados por 50 camiones. Cada unidad de recolección está provista de un mecanismo compactador con una capacidad máxima de carga de seis toneladas y ocupación promedio por viaje de cuatro toneladas.

El consumo de combustible muestra oportunidades de mejorar la gestión de la flota. Los camiones más antiguos consumen en promedio 0,7 litros de combustible por kilómetro (1,4 km/l), siendo más eficientes los camiones con menos años en operación, con un consumo de 0,3 litros por kilómetro (3,3 km/l). El bajo desempeño de los vehículos más nuevos podría explicarse por su falta de optimización en el uso. Por otra parte, el 80% de la flota tiene entre 6 y 10 años en operación, mientras que el restante 20% tiene una antigüedad de 5 años o menos. A continuación, se compara el rendimiento promedio de consumo de combustible de Godoy Cruz con respecto al resto de los municipios analizados.

**Figura 6**

**Rendimiento promedio del consumo de combustible por municipio**



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

Los camiones recorren en promedio 37.440 kilómetros por año, lo que significa un consumo anual de combustible de 18.720 litros y un gasto de 318.240 pesos.

Indicadores relevantes:

- Residuos per cápita para el año 2015: 315 kg/cápita
- Porcentaje capturado de residuos: 100%
- Porcentaje de residuos sólidos reciclado: 0,35%
- Porcentaje de residuos sólidos llevados a relleno sanitario: 99,65%

**3.3. Agua potable y residual (APR)**

La operación de plantas para la provisión del servicio de agua potable y tratamiento de aguas residuales está a cargo en gran parte por la empresa Aguas Mendocinas, Agua y Saneamiento de Mendoza (AYSAM). Otras localidades del municipio como Ciudad de Godoy Cruz y Villa Hipódromo están a cargo de operadores comunitarios o comerciales.

**Tabla 3**

**Operadores por departamento y localidad de la sede**

Localidad	Tipo de servicio	Tipo de servicio
Ciudad Godoy Cruz	Consortio el Peral - Tunuyán	Agua
Ciudad Godoy Cruz	LUMACO S.R.L.	Agua
Villa Hipódromo	ACOTUR S.A.	Agua y Cloacas
Villa Hipódromo	Flavio Augusto Kristich (B° La Bastilla)	Agua

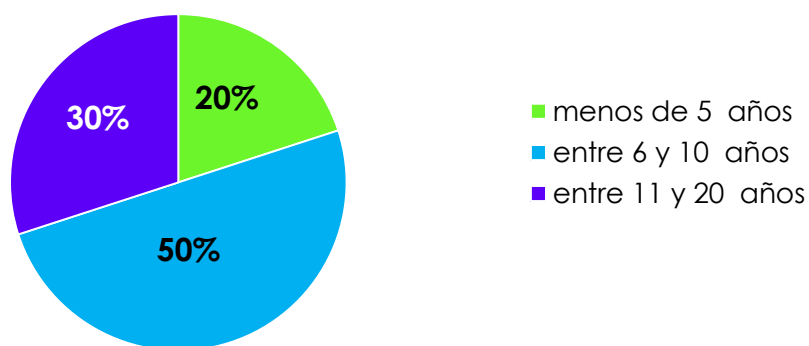
*Fuente:* Elaboración propia en base a datos aportados por EPAS (2017).

Con respecto al sistema de bombeo de agua potable, se conoce que la fuente principal de abastecimiento de agua se obtiene de las Plantas Potabilizadoras de Agua (PPA) Benegas que surte el sur y este de Godoy Cruz. Benegas fue construida en 1893 y actualmente está en condiciones de tratar 900 litros de agua por segundo (Gobierno de Mendoza, 2016).

El sistema de abastecimiento de aguas consta de 80 bombas, de las que 53 son sumergidas y extraen agua de igual número de pozos. En general, el sistema permite bombear y potabilizar 186 millones de metros cúbicos de agua al año que se distribuyen 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**  
aguas

**Antigüedad de las bombas del sistema de abastecimiento de**



*Fuente:* Elaboración propia.

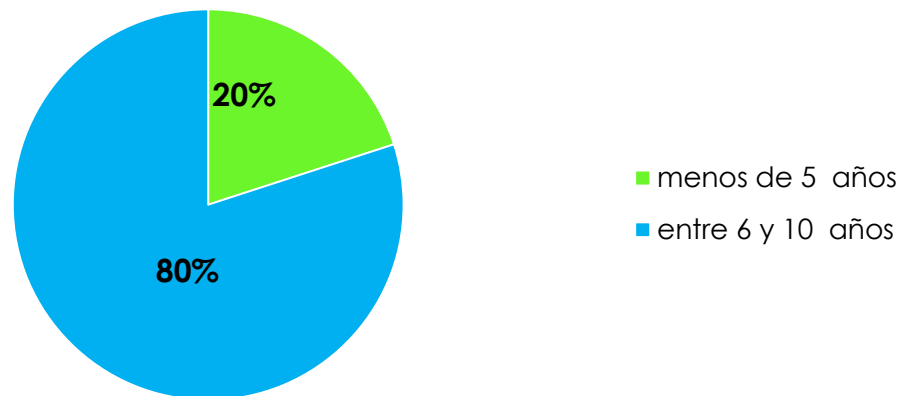
A continuación se listan algunos indicadores del abastecimiento de agua potable:

- 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. Éste permite tratar 98 millones de metros cúbicos de agua al año recibidos por 2.112 km de alcantarillado, que recolecta el desagüe del 95% 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 aguas**



*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.4. Transporte – Flota vehicular Municipal (TFM)

La flota municipal agrupa dentro de sus categorías vehículos que cumplen diferentes funciones. Los vehículos de carga ligera transportan equipos y materiales, y se utilizan para gestiones administrativas de la municipalidad. Los vehículos de carga pesada incluida la maquinaria, se destinan al traslado de escombros y materiales para la construcción y mantenimiento de carreteras.

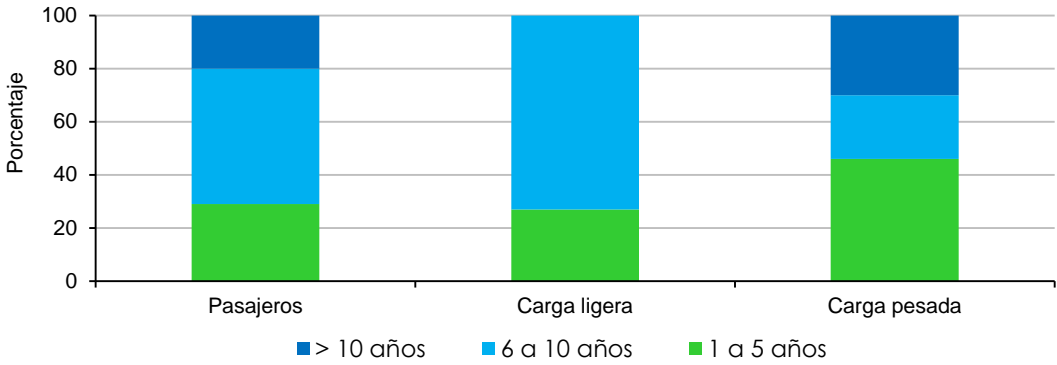


*Parte de la flota municipal.*

El parque vehicular municipal reúne 199 unidades. La flota se compone en 53% por vehículos de carga pesada, 41% por vehículos de pasajeros y 6% por vehículos de carga ligera. A continuación, se presenta la distribución de antigüedad de los vehículos.

**Figura 9**

**Distribución de antigüedad de los vehículos de la flota municipal**



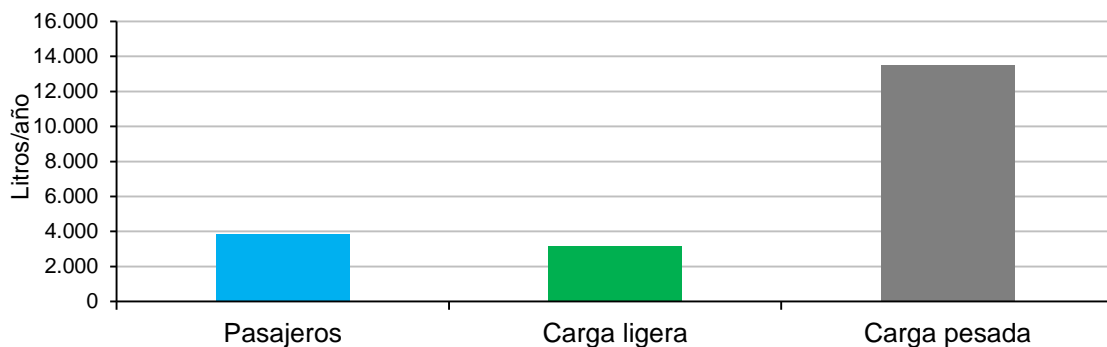
*Fuente:* Elaboración propia.

La flota vehicular municipal recorre anualmente unos 111.600 km. La distancia recorrida por unidad y tipo de vehículo es el siguiente: pasajeros 32.400 km, carga ligera 25.200 km y carga pesada 54.000 km. En total la flota consume 20.484 litros de combustible al año, generando un gasto de 6.600.000 de pesos en combustible. En la siguiente figura se muestra el consumo de combustible por tipo de vehículo al año.

**Figura 10**

**Consumo de combustible por tipo de vehículo de la flota municipal**





*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.5. Edificios públicos (EP)

La municipalidad de Godoy Cruz tiene bajo su cargo la propiedad de 37 edificios públicos, de los que, siete pertenecen a oficinas, cuatro a espacios culturales y 26 a instalaciones recreacionales. La operación y mantenimiento de esta infraestructura pública la realiza la municipalidad.

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

## 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 municipios<sup>2</sup>. Estas medidas, listadas en la tabla siguiente, se analizaron tomando en consideración las condiciones particulares de consumo y gestión de la energía del municipio Godoy Cruz. 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"><li>1. Recambio de luminarias</li><li>2. Sistema inteligente de gestión de horas de operación</li><li>3. Ajuste de altura, distancia entre postes y reducción de potencia por poste</li></ol>
Edificios públicos	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Programa de recambio de luminarias incandescentes</li><li>2. Programa de estándares mínimos de eficiencia energética para artefactos</li><li>3. Programa de recambio de equipos de aire acondicionado</li><li>4. Programa de recambio de equipos de calefacción</li><li>5. Sistema solar térmico</li><li>6. Sistema fotovoltaico</li></ol>
Residuos sólidos	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Estaciones de transferencia</li><li>2. Capacitación en conducción eficiente</li><li>3. Mantenimiento de camiones de recolección de residuos</li><li>4. Recambio de camiones de recolección de residuos</li><li>5. Optimización en la selección de rutas de recolección de residuos</li><li>6. Recuperación de energía de podas</li><li>7. Reciclaje de residuos</li></ol>
Flota vehicular municipal	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Capacitación en conducción eficiente</li><li>2. Mantenimiento preventivo de la flota vehicular municipal</li><li>3. Recambio de vehículos de carga pesada</li><li>4. Mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular de carga</li><li>5. Recambio de la flota por vehículos híbridos eléctricos</li><li>6. Recambio de la flota por vehículos completamente eléctricos</li></ol>

### 4.1. Impacto energético y económico de las medidas en el municipio de Godoy Cruz

Esta sección presenta los resultados estimados de los ahorros de energía, reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub>, ahorro en pesos y costo efectividad de las medidas de eficiencia energética para cada uno

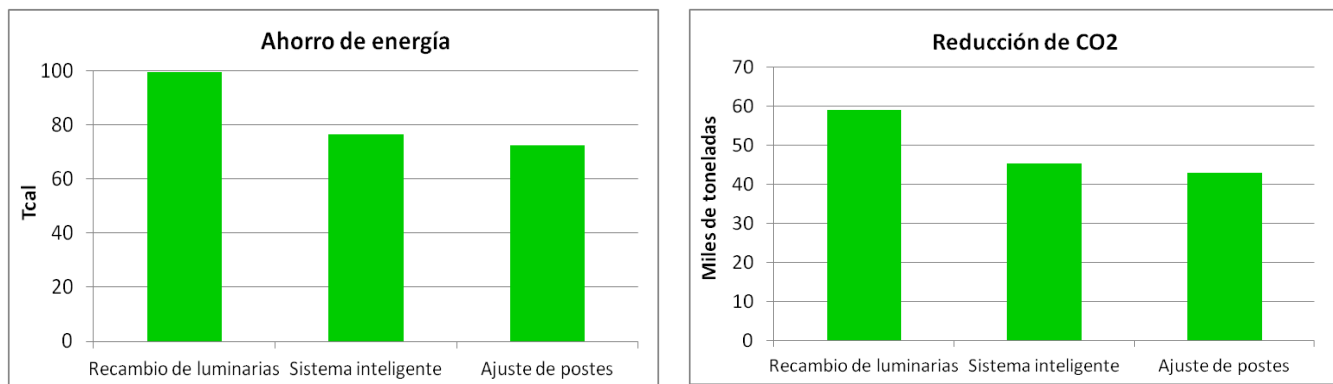
<sup>2</sup> México, Colombia y Brasil

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 el recambio de luminarias se encuentra entre las medidas de mayor beneficio en ahorro de energía y reducción de CO<sub>2</sub>. Le siguen la instalación de sistemas de gestión inteligente y el ajuste de condiciones de funcionamiento de postes de alumbrado. La figura siguiente muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO<sub>2</sub> de las medidas evaluadas bajo un horizonte de diez años.

**Impacto energético y ambiental de las medidas en el alumbrado público<sup>3</sup>**

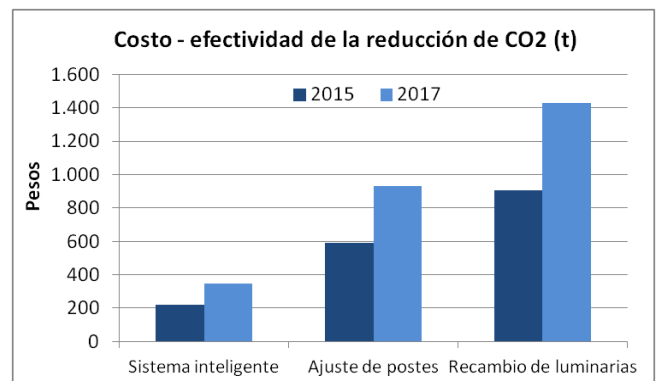
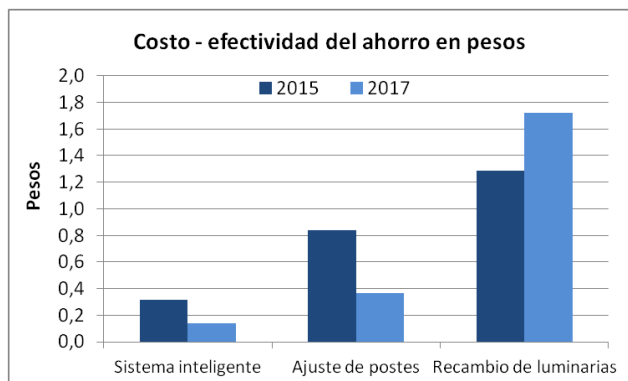
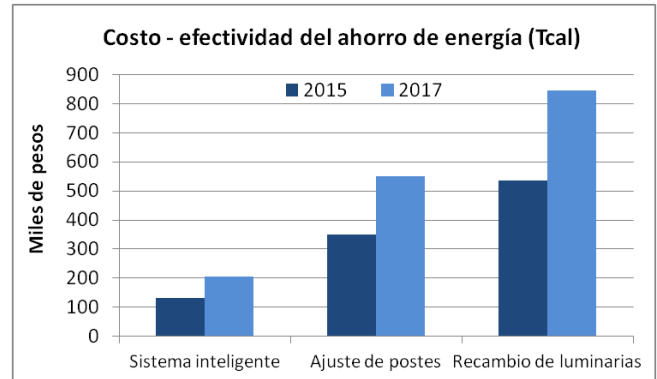
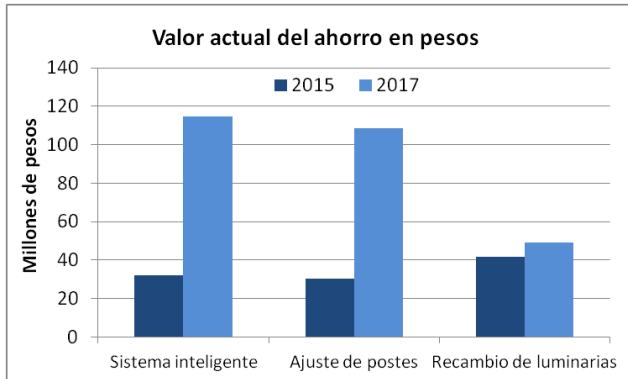


*Fuente:* Elaboración propia.

En referencia al análisis económico, el sistema de gestión inteligente de horas de operación agrupa el mayor ahorro para el presupuesto municipal, siendo más satisfactorio el escenario 2017. Esta misma medida presenta los menores costos por unidad de energía ahorrada, peso ahorrado y CO<sub>2</sub> no emitido; condición que le otorga la mayor rentabilidad dentro de las medidas evaluadas para el sector. En la figura siguiente, se muestra el potencial de impacto económico de las medidas consideradas para los escenarios de precios 2015 y 2017.

**Figura 12** **Impacto económico de las medidas en el alumbrado público<sup>4</sup>**

<sup>3</sup> Consultar anexo 1 para mayor información



Fuente: Elaboración propia.

### • Sector edificios públicos (EP)

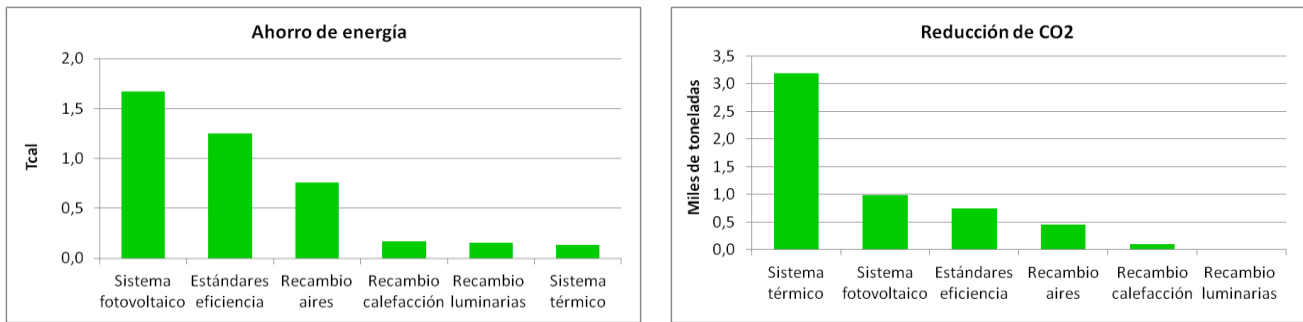
Las medidas de sistema fotovoltaico y solar térmico muestran los mayores beneficios en ahorro de energía y reducción del impacto ambiental del municipio. La primera medida tiene el mayor potencial de ahorro de energía al reducir en más del 40% la demanda<sup>5</sup> sobre el sistema actual, mientras que el sistema solar térmico tiene la mayor capacidad de reducción de CO<sub>2</sub>. La figura siguiente presenta el potencial de ahorro de energía y reducción de CO<sub>2</sub> para las medidas evaluadas para un horizonte de diez años.

<sup>4</sup> Consultar anexo 1 para mayor información

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

**Figura 13**

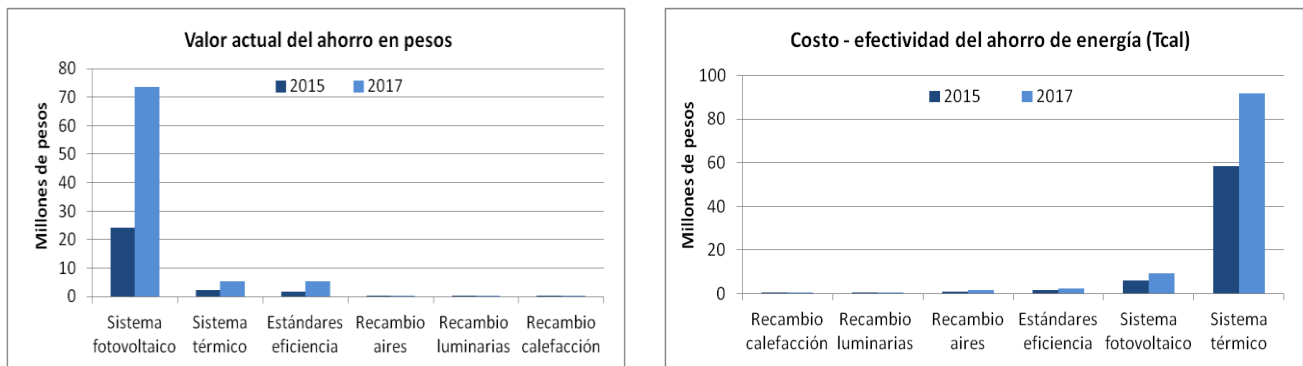
**Impacto energético y ambiental de las medidas en edificios públicos<sup>6</sup>**



Fuente: Elaboración propia.

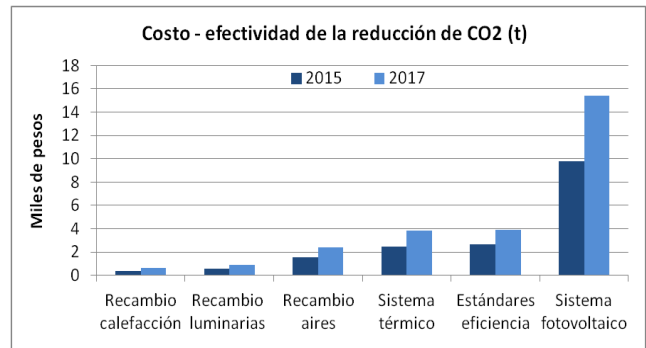
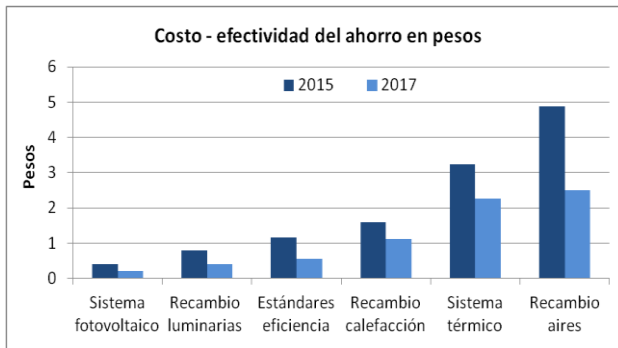
Según la evaluación económica, el sistema fotovoltaico tiene el mayor ahorro en pesos al valor actual, con un menor costo-efectividad de la inversión. No obstante, el recambio del sistema de calefacción y de luminarias son las medidas más efectivas en relación a la inversión por unidad de ahorro de energía y reducción de CO<sub>2</sub>, ya que el costo por unidad ahorrada resulta menor. En la figura siguiente se presenta el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para cada una de las medidas analizadas.

**Impacto económico de las medidas en edificios públicos<sup>7</sup>**



<sup>6</sup> Consultar anexo 2 para mayor información

<sup>7</sup> Consultar anexo 2 para mayor información

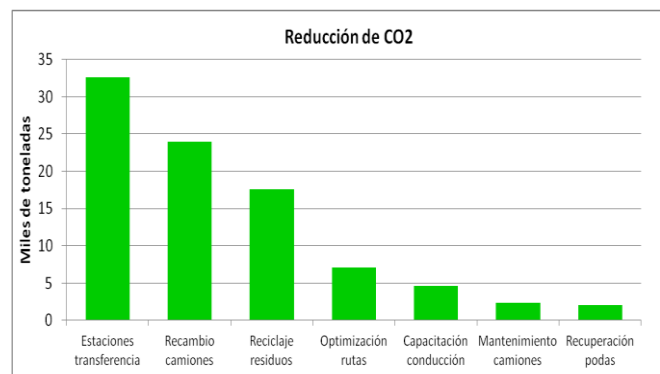
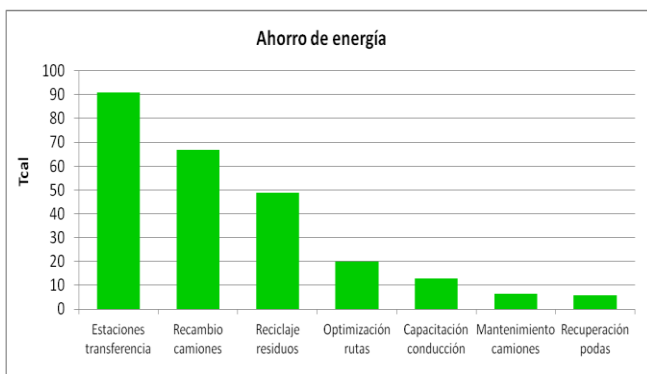


*Fuente:* Elaboración propia.

### • 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 (CO<sub>2</sub>). Esta medida puede ahorrar más de 90,9 Tcal (46% respecto al sistema actual) en un horizonte de vida del proyecto de 10 años. Con un impacto similar, el recambio de camiones por tecnologías más eficientes y el reciclaje de residuos permitirían reducir la distancia recorrida de la flota desde los puntos de recolección hasta su disposición final, minimizando el volumen total de desechos no reciclables a transportar y el consumo de combustible. En la figura siguiente se muestra el potencial de ahorro de energía y reducción de CO<sub>2</sub> para las medidas evaluadas.

### **Impacto energético y ambiental de las medidas en sector residuos sólidos<sup>8</sup>**



*Fuente:* Elaboración propia.

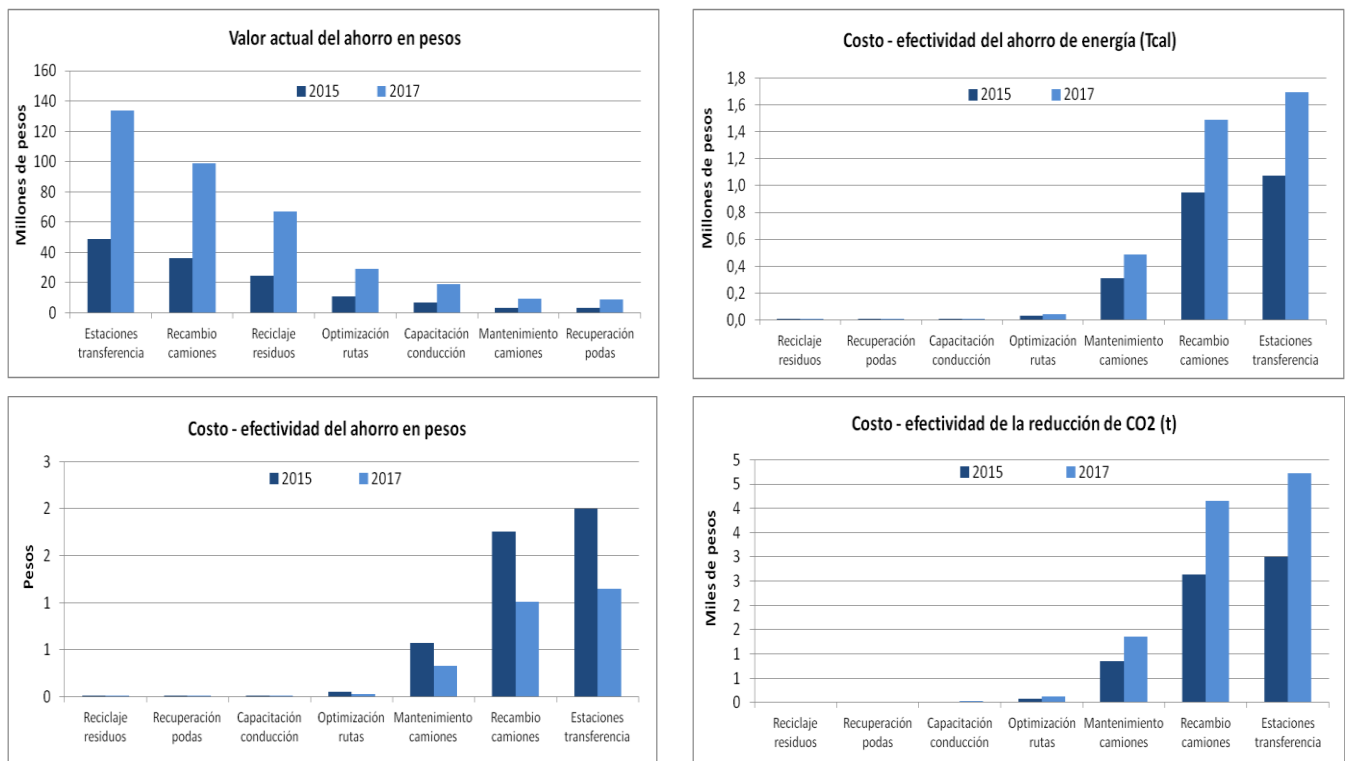
En el análisis económico las estaciones de transferencia muestran el mayor ahorro en pesos al valor actual para el municipio. No obstante, el reciclaje de residuos muestra la mejor relación costo efectividad del ahorro de energía, ahorro en pesos y reducción de CO<sub>2</sub>. Esta medida tiene el valor actual neto más alto entre las medidas evaluadas para ambos escenarios (2015 y 2017). Se debe considerar que la rentabilidad del reciclaje de residuos supone como inversión el gasto generado por

<sup>8</sup> Consultar anexo 3 para mayor información

el transporte de residuos reciclables a centros de procesamiento, más no la construcción de plantas o la transformación de los residuos. La figura siguiente muestra el potencial de ahorro en pesos y costo efectividad para cada una de las medidas evaluadas.

**Figura 16**

**Impacto económico de las medidas en el sector residuos sólidos<sup>9</sup>**



*Fuente: Elaboración propia.*

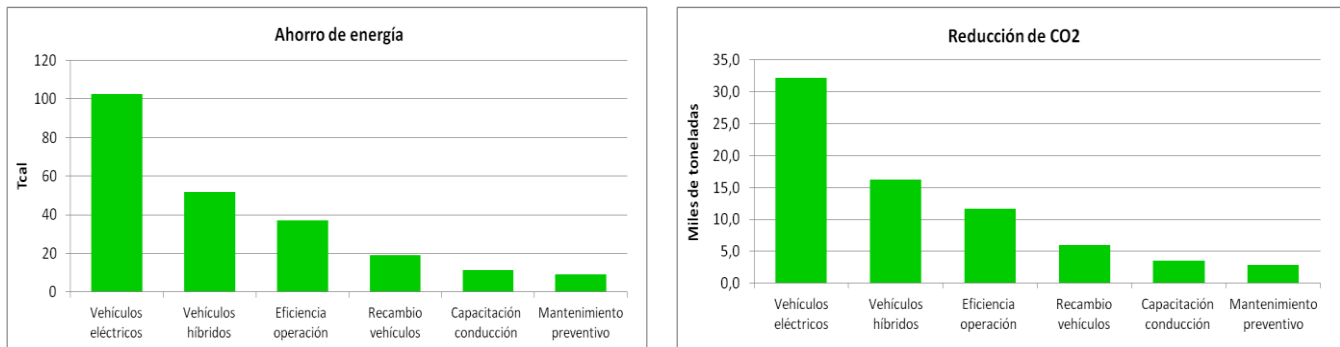
<sup>9</sup> Consultar anexo 3 para mayor información

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

En este sector el recambio de la flota municipal por vehículos eléctricos es la medida con mayor impacto energético y ambiental para un escenario de 10 años. Esta medida tiene la capacidad de reducir el promedio 58% del consumo de energía del sistema actual. En la figura siguiente se muestra el impacto potencial de ahorro de energía y reducción de CO<sub>2</sub> para las medidas evaluadas.

**Figura 17**

**Impacto energético y ambiental de las medidas en la flota municipal<sup>10</sup>**



*Fuente:* Elaboración propia.

La evaluación económica indica que el recambio de la flota por vehículos eléctricos presenta el mayor ahorro para el presupuesto municipal, siendo más favorable el escenario 2017. No obstante, la capacitación para la conducción eficiente muestra la mejor relación costo beneficio y retorno de inversión por unidad de ahorro de energía, disminución del gasto y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Seguidamente, se destaca el mejoramiento de la eficiencia del uso de la flota vehicular. La figura siguiente muestra el impacto de las medidas evaluadas

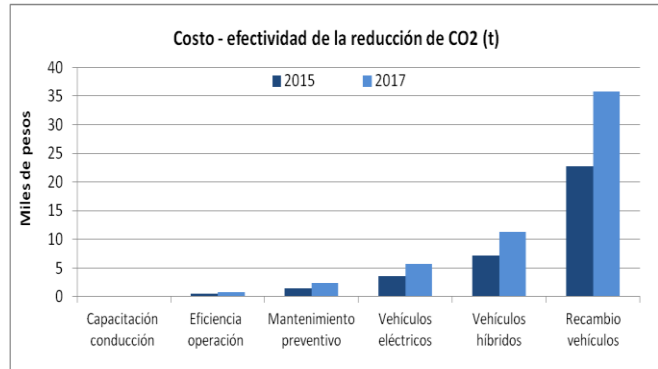
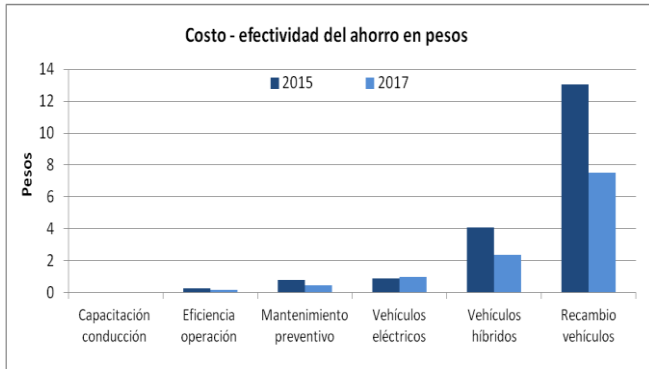
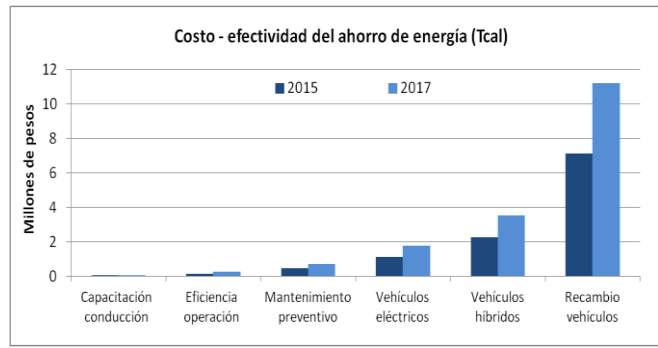
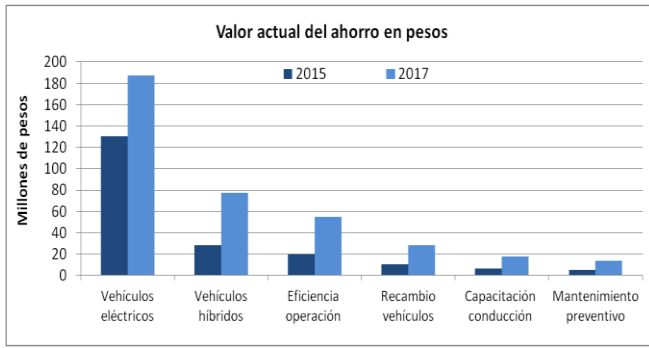
**Figura 18**

**Impacto económico de las medidas en la flota municipal<sup>11</sup>**

<sup>10</sup> Consultar anexo 4 para mayor información

<sup>11</sup> Consultar anexo 4 para mayor información





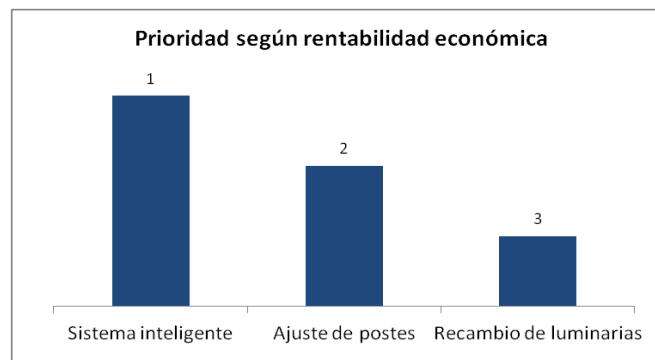
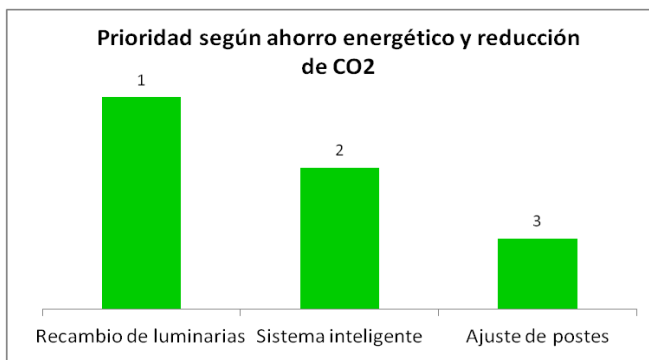
Fuente: Elaboración propia.

#### 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 CO<sub>2</sub>, involucraban un alto costo por unidad de energía ahorrada o tonelada de CO<sub>2</sub> no emitida, y un largo período de retorno de inversión.

Para el caso del sector alumbrado público, la primera medida corresponde al recambio de luminarias, seguida del sistema inteligente de gestión de horas de operación. Siendo esta última medida la de mayor rentabilidad económica. 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)

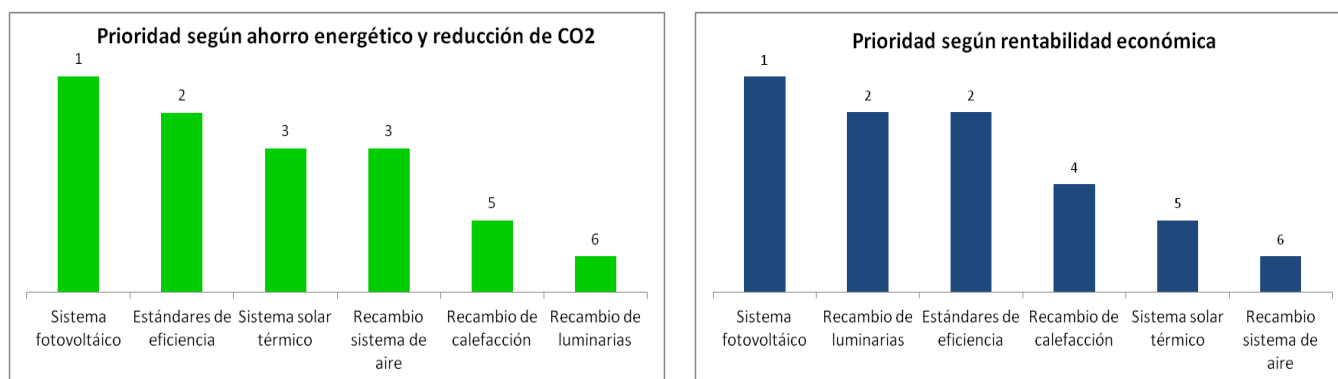


Fuente: Elaboración propia.

En el sector de edificios públicos el mayor ahorro energético y reducción de CO<sub>2</sub> se presenta con implementación del sistema fotovoltaico, seguido del desarrollo del programa de estándares mínimos de eficiencia energética para la compra de artefactos y el sistema solar térmico. Desde el punto de vista económico, el sistema fotovoltaico muestra ser la medida más rentable, seguida del programa de recambio de luminarias y estándares mínimos de eficiencia energética.

Figura 20

### Priorización económica y energética de las medidas (EP)

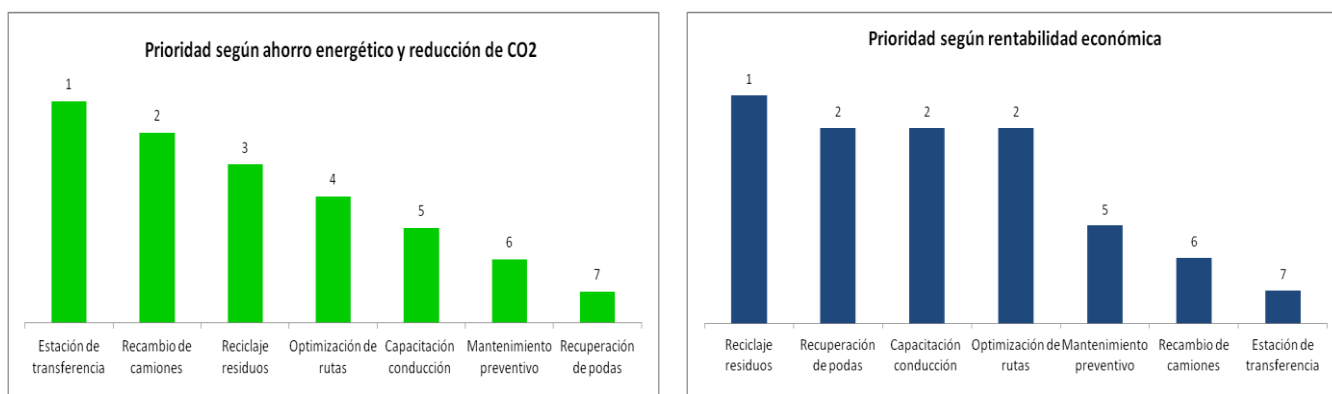


Fuente: Elaboración propia.

En el sector residuos sólidos las estaciones de transferencia maximizan el ahorro de energía y reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. A esta medida le siguen el recambio de camiones de recolección de residuos y el reciclaje de residuos. Esta última medida ofrece la mejor rentabilidad económica seguida de la recuperación de energía de podas y la capacitación en conducción eficiente de camiones.

Figura 21

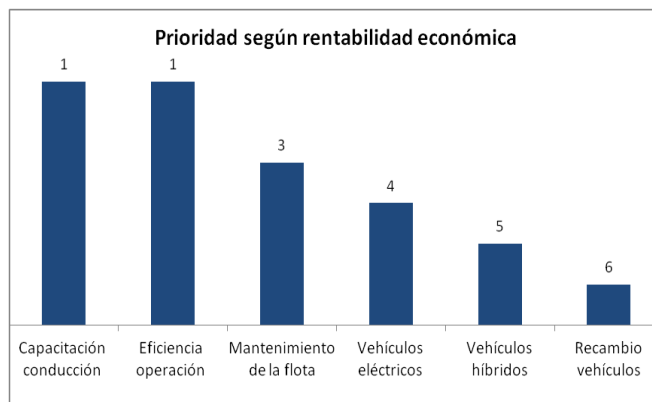
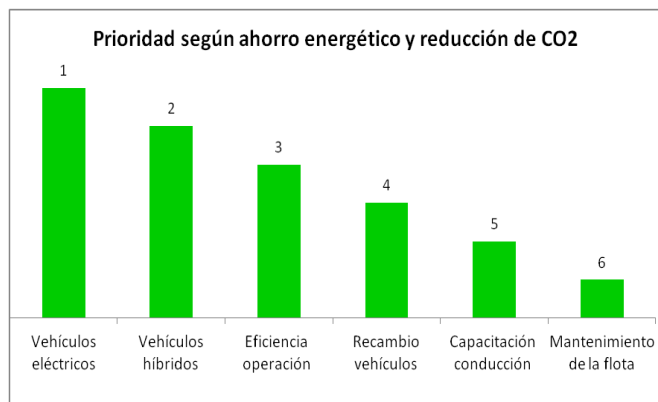
### Priorización económica y energética de las medidas (RS)



Fuente: Elaboración propia.

Para el sector transporte municipal, el recambio de la flota por vehículos eléctricos es la medida más efectiva para incrementar el ahorro energético y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>. A esta medida le sigue el recambio a vehículos híbridos y la mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular. Por su parte y desde el punto de vista económico, la capacitación para la conducción eficiente de la flota vehicular resulta la medida más rentable, seguida del mejoramiento en la eficiencia de operación y del mantenimiento preventivo de la flota.

### 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 Godoy Cruz se concentran en los sectores de alumbrado público, residuos sólidos y flota municipal. Para el sector alumbrado público la instalación de un sistema inteligente de gestión de horas de operación trae el mejor beneficio económico, aunque el recambio de luminarias alcanza el mayor ahorro de energía y reducción de CO<sub>2</sub>. En el sector residuos sólidos la instalación de estaciones de transferencia tiene el mayor aporte ambiental, mientras que el reciclaje de residuos la mayor rentabilidad económica. Por último, para el sector de transporte de flota municipal la capacitación en conducción eficiente es más rentable económicamente, pero el recambio de la flota por vehículos eléctricos ofrece la mayor reducción de CO<sub>2</sub> y ahorro energético.

Del análisis de prioridades se observa que las medidas que atraen mayor rentabilidad económica no necesariamente corresponden con aquellas que generan los mayores ahorros de energía y reducción de CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub></i>
<b>Alumbrado público</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema inteligente de gestión de horas de operación.</li> <li>2. Ajuste de altura, distancia entre postes y reducción de watts necesarios por poste.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Recambio de luminarias.</li> <li>2. Sistema inteligente de gestión de horas de operación.</li> </ol>
<b>Edificios públicos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema fotovoltaico.</li> <li>2. Recambio de luminarias y programa de estándares mínimos de eficiencia energética.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sistema fotovoltaico.</li> <li>2. Programa de estándares mínimos de eficiencia energética.</li> </ol>
<b>Residuos sólidos</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reciclaje de residuos.</li> <li>2. Recuperación de energía de podas y optimización en la selección de las rutas de recolección de residuos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estaciones de transferencia.</li> <li>2. Recambio de camiones de recolección de residuos.</li> </ol>

Sector	Orden de prioridad por criterio	
	Rentabilidad	Ahorro de energía y reducción de CO <sub>2</sub>
Flota transporte municipal	1. Capacitación en conducción eficiente y mejora de la eficiencia de operación del parque vehicular. 2. Mantenimiento preventivo de la flota vehicular.	1. Recambio de la flota por vehículos eléctricos. 2. Recambio de la flota por vehículos híbridos.

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 CO<sub>2</sub>.

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. Godoy Cruz, 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](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](http://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>

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

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

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

Municipalidad de Godoy Cruz. 2017. Historia departamental. Disponible en: <http://www.godoycruz.gob.ar/>

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 102 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 60 mil toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 50,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 133 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 78 mil toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 65,5 millones de pesos<sup>12</sup>.

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 527.969 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 892 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,26 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 se incrementa a 1,69 pesos. Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 516.914 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 873 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,24 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles del año 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se incrementa a 1,66 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la implementación del recambio de luminarias con una tasa interna de retorno (TIR) de 34,21% y un período de recuperación de la inversión (PRI) mayor a 10 años. Esta misma medida no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

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

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

---

<sup>12</sup> Según escenario 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 77 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 45.315 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a los 114 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 93 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 55.040 toneladas, con un ahorro en valor presente cercano a 139 millones de pesos<sup>13</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de la medida, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 130.880 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 221 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,31 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 0,14 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 107.755 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 182 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,26 pesos. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,11 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la implementación del sistema de gestión inteligente del alumbrado público. Además, esta medida muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 150%, con un período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a un año. Igualmente la medida resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 86% y un PRI inferior a 2 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 73 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 42.980 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio cercano a los 108,6 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 98 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 50.103 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 146 millones de pesos<sup>14</sup>.

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 345.2015 pesos, la tonelada

---

<sup>13</sup> Según escenario 2017

<sup>14</sup> Según escenario 2017

de CO<sub>2</sub> reducida 583 pesos y que cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 0,83 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,36 pesos.

Por otra parte, para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 237.560 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 401 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,57 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 0,25 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo y muestra una tasa interna de retorno (TIR) de 51,31%, con período de recuperación de la inversión (PRI) cercano a 3 años. Esta misma medida resulta aún rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR de 23,35% y un PRI cercano a los 6 años.

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

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

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 50 Giga-calorías (Gcal) y reducción de 30 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 107 mil pesos. Bajo un escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 400 Gcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 337 toneladas, con un ahorro en valor presente de 467.373 mil pesos<sup>15</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de la medida, indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 916.565 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 1.548 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 232.374 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 393 pesos y que cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene 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 con una TIR de 47,1% y un PRI cercano a tres años. Esta misma medida aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, con una TIR del 25,1% y un PRI menor a siete años.

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

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

---

<sup>15</sup> Según escenario 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 1,06 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 630 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 4,3 millones de pesos. Para el escenario optimista, la medida podría incrementar el ahorro a 1,87 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 1.109 toneladas, con un ahorro en valor presente de 8,5 millones de pesos<sup>16</sup>.

Los resultados indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1,8 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 3.089 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 1,37 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 0,66 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1,2 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 2.147 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,85 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 0,41 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto de la medida es positivo, con una TIR de 34,9%, y un PRI cercano a los cinco años. La misma no resulta rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015.

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 CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 420.396 pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro de energía a 1,06 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 625 toneladas, con un ahorro en valor presente de 617.998 pesos<sup>17</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 933.367 pesos,

---

<sup>16</sup> Según escenario 2017

<sup>17</sup> Según escenario 2017

la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 1.577 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene costo de 5 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 2,55 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 799.433 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> 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.

Para ambas condiciones evaluadas (2015 y 2017) el valor actual neto resulta negativo, con tasas internas de retorno de 0,2% y -12,2%, respectivamente.

**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 3000 kcal/hora fabricados antes del año 2008 por equipos nuevos con eficiencia clase A. En un escenario optimista, la medida aspira a que el 80% de los equipos haya sido fabricado después del año 2012 y que cumplan con un desempeño de consumo de energía de clase A.

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,17 Tera-calorías (Tcal) y reducción de 99 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 54 mil pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,27 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 158 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 89 mil pesos<sup>18</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 233.711 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> 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 155.434 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 263 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 1,06 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado aumenta a 0,73 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto de la medida es negativo, con una TIR del 15,7% y un PRI superior a los diez años. Para las tarifas de electricidad del año 2015, el VAN resulta negativo con una 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

---

<sup>18</sup> Según escenario 2017

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 0,13 Tcal y reducción de 2.992 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio cercano a los cinco millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 0,25 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 5.984 toneladas, con un ahorro en valor actual neto mayor a 10 millones de pesos<sup>19</sup>.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 58,2 millones pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 2.437 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 3,23 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 2,27 pesos. Es importante destacar que para el escenario optimista los valores de costo efectividad se mantendrían iguales al promedio.

Para ambas condiciones evaluadas (2015 y 2017) la medida refleja valores actuales netos negativos y tasas internas de retorno inferiores al 2%.

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

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 0,54 Tcal y reducción de 317 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 23 millones de pesos. Para el escenario optimista, se podría incrementar el ahorro a 4,29 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 2.541 toneladas, con un ahorro en valor presente mayor a 189 millones de pesos<sup>20</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de la adquisición de artefactos con alto desempeño energético indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5,8 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 9.922 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,41 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,21 pesos. Para el escenario

---

<sup>19</sup> Según escenario 2017

<sup>20</sup> Según escenario 2017

optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5,7 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 9.739 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 0,40 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,21 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza el 86,4%. Esta misma medida resulta rentable aún para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 55,1%.

## 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 35 kilómetros de los principales puntos de recolección del municipio (50% del recorrido total), mientras que para un escenario optimista se supone que esta distancia será de 21 kilómetros (30% del recorrido).

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 12,86 Tcal y reducción de 4.613 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 18 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 19,79 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 7.097 toneladas, con un ahorro en valor presente cercano a 29 millones de pesos<sup>21</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 5.365 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 15 pesos y que peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,01 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 0,006 pesos. Para el escenario optimista el programa exhibe los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO<sub>2</sub> reducida y costo de cada peso ahorrado.

---

<sup>21</sup> Según escenario 2017



Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida con una tasa interna de retorno (TIR) de 2.774% y un PRI cercano a un año. Resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de electricidad del año 2015, alcanzando una TIR del 2.229%.

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 6,43 Tcal y 2.307 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente de 9,4 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 9,89 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 3.548 toneladas, con un ahorro en valor presente de 14,5 millones de pesos<sup>22</sup>.

Los resultados del análisis del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 307.925 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 858 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,57 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. Es importante resaltar que el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO<sub>2</sub> reducida y costo de cada peso ahorrado.

Para ambas condiciones evaluadas (2015 y 2017) la medida refleja valores actuales netos positivos y tasas internas de retorno de 37% y 57%, respectivamente. Muestran periodos de recuperación de la inversión menores a cuatro años.

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

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

---

<sup>22</sup> Según escenario 2017

**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 64,03 Tcal y reducción de 22.966 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 94 millones de pesos. Para el escenario optimista se podría incrementar el ahorro a 108,43 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 38.891 toneladas, con un ahorro en valor presente de 160,5 millones de pesos<sup>23</sup>.

Los resultados de la evaluación del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 960.306 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 2.677 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 2 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a un peso. Para el año 2015, el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO<sub>2</sub> reducida y peso ahorrado.

Para ambas condiciones evaluadas (2015 y 2017) la medida refleja valores actuales netos negativos y tasa internas de retorno de 18% y 5%, respectivamente. Dado el bajo costo del combustible en Argentina, el recambio de camiones de antigüedad superior a seis años muestra una baja rentabilidad para un período de 10 años de vida del proyecto en comparación con otros países. No obstante, es importante considerar los beneficios adicionales para la prestación del servicio de recolección producto de la reducción de la tasa averías y detenciones programadas. El presente análisis excluye los costos de detención de maquinaria y la cuantificación de posibles perjuicios para la municipalidad producto de las averías en la flota de camiones.

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

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 19,79 Tcal y reducción de 7.097 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio superior a 29 millones de pesos<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> Según escenario 2017

<sup>24</sup> Según escenario 2017

Los resultados del costo-efectividad de optimizar las rutas de recolección de residuos, indican que cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 27.594 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 77 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,05 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 0,03 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR alcanza 547%. Esta misma medida aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 433%.

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, además del arriendo de una máquina trituradora para tal fin. 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 5,94 Tcal y reducción de 2.131 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 8,7 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 9,14 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 3.278 toneladas, con un ahorro en valor presente de 13,4 millones de pesos<sup>25</sup>.

Los resultados de la evaluación del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 535 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida un peso y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,001 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 0,0006 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO<sub>2</sub> reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR alcanza 27.236%. Esta misma medida aún resulta rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 21.957%.

---

<sup>25</sup> Según escenario 2017

**Medida 7. Reciclaje de residuos:** consiste en la clasificación y reutilización de los residuos sólidos que serán recolectados. 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. 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 48,97 Tcal y reducción de 17.565 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio alrededor de 66,9 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 71,23 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 25.549 toneladas, con un ahorro en valor presente de 97,4 millones de pesos<sup>26</sup>.

Los resultados del análisis costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 495 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida un peso y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,001 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 0,0006 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO<sub>2</sub> reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) es la más alta entre todas las medidas evaluadas, alcanzando 27.858%. Además, resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 22.458%.

---

<sup>26</sup> Según escenario 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 capacitación en conducción eficiente presenta del mejor retorno de inversión cuando se le compara con el resto de las medidas evaluadas en este sector. Bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, la medida muestra un potencial de ahorro de energía de 11,37 Tcal y reducción de 3.574 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 17,5 pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 17,50 Tcal y emisiones de 5.498 toneladas de CO<sub>2</sub>, y un ahorro en valor presente de 27 millones de pesos<sup>27</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de la capacitación en conducción eficiente indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 24.146 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 77 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,04 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017, el costo por peso ahorrado se reduce a 0,02 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO<sub>2</sub> reducida y peso ahorrado.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR es de 653%. Esta misma medida resulta igualmente rentable para las condiciones de tarifas de combustibles del año 2015, alcanzando una TIR del 519%.

Desde el punto de vista ambiental, la aplicación de esta medida permitirá reducir las emisiones de gases de CO<sub>2</sub>. Además, se observa que la condición eficiente podría contribuir con la mejora de la calidad y seguridad de los servicios que presta la municipalidad.

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

---

<sup>27</sup> Según escenario 2017

La evaluación de esta medida bajo un escenario promedio y un horizonte de 10 años, muestra un potencial de ahorro de energía de 9,1 Tcal y reducción de 2.859 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 14 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 14 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 4.398 toneladas, con un ahorro en valor presente de 21,6 millones de pesos<sup>28</sup>.

Los resultados del análisis del costo-efectividad de la medida indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 464.137 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 1.477 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal e un costo de 0,82 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 0,47 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada, tonelada de CO<sub>2</sub> reducida y costo de cada peso ahorrado.

Bajo las condiciones de precios del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR es 41%. Para el escenario para el año 2015, la medida tiene un VAN igualmente positivo, y una TIR de 24%.

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

**Medida 3. Recambio de vehículos de carga pesada:** consiste en la sustitución de los vehículos existentes por camiones nuevos de similares características y 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 15,53 Tcal y reducción de 4.881 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio sería de 23,2 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 38,98 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 12.247 toneladas, con un ahorro en valor presente de 58,4 millones de pesos<sup>29</sup>.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 8,4 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 27 mil pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 15,55 pesos en base a los precios de electricidad

---

<sup>28</sup> Según escenario 2017

<sup>29</sup> Según escenario 2017

y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 8,94 pesos. Para el escenario optimista cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 38,98 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 17.551 pesos, y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal tiene un costo de 10,08 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 5,79 pesos. Bajo condiciones del año 2015 y 2017, el valor actual neto y las tasas internas de retorno son negativos para esta medida.

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

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años bajo el escenario planteado muestra un potencial de ahorro de energía de 37,23 Tcal y reducción de 11.698 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 54,8 millones de pesos<sup>30</sup>.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 155.428 pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 495 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,29 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 0,17 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 105%. Esta misma medida resulta rentable aún para las condiciones de tarifas de combustible del año 2015, aunque alcanza una TIR del 77%.

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

La evaluación de esta medida para un horizonte de 10 años y bajo un escenario promedio, muestra un potencial de ahorro de energía de 51,7 Tcal y reducción de 16.245 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio 77,4 millones de pesos.

---

<sup>30</sup> Según escenario 2017

Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 79,5 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 24.992 toneladas, con un ahorro en valor presente de 119,1 millones de pesos<sup>31</sup>.

Los resultados del costo-efectividad indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 2,3 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 7.347 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 4,22 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se reduce a 2,43 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es negativo para la medida y su tasa interna de retorno (TIR) alcanza 1%. De igual manera, para las condiciones del año 2015, su VAN es negativo y su TIR del -10%.

**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 102,07 Tcal y reducción de 32.069 toneladas de CO<sub>2</sub>. Además, su implementación representaría un ahorro en valor presente para el municipio de 186,4 millones de pesos. Para el escenario optimista la medida podría incrementar el ahorro a 157,03 Tcal y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a 49.337 toneladas, con un ahorro en valor presente de 268,2 millones de pesos<sup>32</sup>.

Los resultados del costo-efectividad de recambiar los vehículos de carga ligera y pesada indican que para el escenario promedio cada tera-caloría ahorrada tiene un costo de 1,1 millones de pesos, la tonelada de CO<sub>2</sub> reducida 3.718 pesos y cada peso ahorrado en el presupuesto municipal un costo de 0,92 pesos en base a los precios de electricidad y combustibles de 2015. Al integrar los ajustes de precios de 2017 el costo por peso ahorrado se incrementa a 1,01 pesos. Para el año 2015, el escenario optimista muestra los mismos costos por cada tera-caloría ahorrada y tonelada de CO<sub>2</sub> reducida, a excepción del costo de peso ahorrado que es de 1,15 pesos, y para el ajuste del 2017 se reduce a 1,08 pesos.

Bajo condiciones del año 2017, el valor actual neto es positivo para la medida y su TIR es de 19%. De igual manera, el análisis para el año 2015 refleja un VAN positivo y una TIR de 21%.

---

<sup>31</sup> Según escenario 2017

<sup>32</sup> Según escenario 2017