

# RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA

## Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado

Gustavo Ferro  
Emilio J. Lentini



cooperación  
alemana  
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

# RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA

## Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado

Gustavo Ferro  
Emilio J. Lentini



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación  
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento fue preparado por Gustavo Ferro, consultor de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en coautoría con Emilio Lentini, bajo la supervisión de Andrei Jouravlev, Oficial de Asuntos Económicos de la CEPAL, Unidad de Recursos Naturales y Energía de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la CEPAL, con la colaboración de Caridad Canales, funcionaria de la misma División, en el marco de las actividades del proyecto CEPAL/GIZ: “Energías sustentables en América Latina y el Caribe (GER/14/003)”.

Los autores agradecen la colaboración de Federica Brenner y Augusto Mercadier, así como los aportes y comentarios de Erin Hammel, Fabian Kreuzer, Fernando Reyna, Gonzalo Delacámara, Macarena Solís de Ovando Gómez, Mario Nudelman, Marta Sepúlveda, Rita Cavaleiro de Ferreira y Sanford Berg.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

---

Publicación de las Naciones Unidas

ISSN 1680-9017

LC/L.3949

Copyright © Naciones Unidas, enero de 2015. Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile

---

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

# Índice

---

<b>Resumen</b> .....	5
<b>I. Introducción</b> .....	7
<b>II. Economía de energía en los servicios de agua potable y alcantarillado</b> .....	13
A. Consumo de energía en los servicios de agua y alcantarillado .....	13
1. Condicionantes del consumo por etapas y procesos .....	14
2. Condicionantes del consumo en los usos finales del agua .....	17
B. Mejorando la eficiencia energética .....	19
1. Optimización desde el lado de la oferta .....	19
2. Optimización desde el lado de la demanda .....	22
3. Optimización desde un enfoque sistémico del sector.....	23
C. Resultados de proyectos de eficiencia energética .....	25
<b>III. Eficiencia energética y regulación</b> .....	27
A. Eficiencia energética y objetivos de regulación económica.....	27
B. Eficiencia energética, calidad del servicio y metas ambientales .....	30
<b>IV. Eficiencia energética e información regulatoria</b> .....	33
A. Información para la regulación de la eficiencia energética .....	33
B. Desempeño comparado en materia de eficiencia energética.....	39
<b>V. Eficiencia energética en el quehacer de los reguladores sectoriales</b> .....	45
A. Eficiencia energética y la oferta .....	46
B. Eficiencia energética y la demanda.....	48
1. Aspectos morales y conductuales.....	48
2. Aspectos económicos en el cálculo tarifario e incentivos.....	50
C. Coordinación con otros reguladores (y sectores) .....	54
D. Esquemas de implementación .....	57
<b>VI. Conclusiones y recomendaciones</b> .....	61

<b>Bibliografía</b> .....	65
<b>Serie Recursos Naturales e Infraestructura: números publicados</b> .....	68

### Cuadros

CUADRO 1	UTILIZACIÓN DE ENERGÍA POR ETAPAS Y EN EL CICLO COMPLETO.....	17
CUADRO 2	IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS .....	23
CUADRO 3	EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: CONSUMO Y AHORRO DE ENERGÍA .....	25
CUADRO 4	EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: INVERSIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA .....	26
CUADRO 5	REDUCCIÓN DE COSTOS E INVERSIÓN POR TIPO DE MEDIDA.....	26
CUADRO 6	SÍNTESIS DE INDICADORES CONTEXTUALES .....	39
CUADRO 7	SÍNTESIS DE INDICADORES ESPECÍFICOS .....	40
CUADRO 8	INDICADORES CONTEXTUALES: PARÁMETROS PROPIOS COMO PROPORCIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA.....	43
CUADRO 9	INDICADORES ESPECÍFICOS: PARÁMETROS PROPIOS COMO PROPORCIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA.....	44
CUADRO 10	¿CÓMO DAR SEÑALES EFICIENTES AL CONSUMO DE AGUA PARA APOYAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA? .....	54
CUADRO 11	INVENTARIO DE MEDIDAS A IMPLEMENTAR POR EL REGULADOR .....	59

### Recuadros

RECUADRO 1	NEXO AGUA-ENERGÍA .....	11
RECUADRO 2	DESALINIZACIÓN .....	15
RECUADRO 3	MICRO-MEDICIÓN Y CONTROL DE CONSUMO.....	20
RECUADRO 4	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL BRASIL: ESTIMACIONES UTILIZANDO UNA FUNCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE INSUMO.....	38

## Resumen

---

Este documento analiza el consumo de energía en el sector de agua potable y alcantarillado y propone políticas regulatorias para mejorar la eficiencia energética de los prestadores de estos servicios en América Latina y el Caribe. Está dirigido a las agencias de regulación sectorial, así como todas las demás partes interesadas del sector privado y público.

El primer objetivo de este estudio es contribuir al entendimiento de la problemática de la eficiencia energética en los servicios de agua potable y alcantarillado, que comprende la captación, potabilización y distribución de agua, la recolección, la disposición y el tratamiento de aguas servidas y los lodos residuales, como así también aspectos vinculados a los usos finales del agua. Un segundo objetivo, consiste en sugerir líneas de acción regulatorias para mejorar la eficiencia energética, que satisfagan estándares de racionalidad económica.

Se aborda el problema de la eficiencia energética tanto desde la óptica de la oferta (producción y costos de las empresas prestadoras) como de la demanda (usos del agua y respuesta de los consumidores a incentivos de precios relativos e ingreso, así como morales o conductuales) de servicios de agua potable y alcantarillado. El regulador requiere recopilar indicadores y utilizarlos con fines comparativos (“*benchmarking*”). Sobre la base de indicadores utilizados por organizaciones internacionales y regionales, asociaciones de prestadores y de reguladores, así como varias iniciativas nacionales, tanto en la región como fuera de ella, se confeccionó una propuesta de indicadores que los reguladores de América Latina y el Caribe podrían construir para caracterizar los problemas, previo a las auditorías energéticas de procesos, subprocesos y equipos.

Por último, se contribuye con un programa de trabajo que pueden llevar a cabo reguladores en los países de la región, para poner en marcha cambios en dirección a una mayor eficiencia energética en la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado. Este programa comprende ocho componentes (diagnóstico, auditorías energéticas de equipos, control de pérdidas, información y educación, difusión de la micro-medición, premios al ahorro y penalidades al consumo excesivo, estándares para dispositivos y etiquetado obligatorio) de diferente grado de dificultad, costo, velocidad relativa de implementación e impacto esperado.

## I. Introducción

---

La energía es un insumo crítico para la entrega de servicios de agua y alcantarillado, y tiene destacada incidencia en los costos de prestación: se estima que los gastos de electricidad son entre el 5 y 30% de los costos totales de operación en estos servicios públicos en todo el mundo, y pueden alcanzar un 40% en algunos casos (Liu y otros, 2012). La amplia variabilidad se debe a diferencias en condiciones particulares de la prestación. Se estima que en América Latina y el Caribe las plantas de abastecimiento de agua potable podrían reducir sus costos de energía entre un 10% y un 40%, elevándose hasta un 75% en el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales (WWAP, 2014). Por consiguiente, cualquier mejora en la eficiencia energética, ya sea por el ahorro de agua o de energía, se traduce directamente en una disminución de los costos y un incremento de la eficiencia económica.

La energía se suele definir como la capacidad de hacer trabajo o de producir calor. Se manifiesta de varias formas: calor, luz, fuerza motriz, transformación química, etc. El concepto de energía primaria se aplica a todas las fuentes de energía que provienen de un stock de recursos naturales o que es capturada de un flujo de recursos, donde éste no ha sufrido un proceso de separación o limpieza. Las fuentes de energía primaria incluyen carbón, petróleo crudo, gas natural, energía solar, energía nuclear, etc. La energía secundaria refiere a aquella que se obtiene de una fuente primaria a la que se aplica un proceso de transformación o conversión, como los derivados del petróleo o la electricidad. Energía no renovable es aquella cuya fuente primaria proviene de un stock finito de recursos, y por último, energía renovable identifica a la obtenida de un flujo constantemente disponible.

Los problemas vinculados con la economía de la energía han variado a lo largo del tiempo. En los años 1970s, la atención estaba dirigida en especial al mercado petrolero, la sustitución de energías fósiles y la búsqueda de alternativas en las energías renovables. En los años 1980s, la discusión se centró en los efectos ambientales de la producción y utilización de energía. Durante los 1990s, se discutió la liberalización de los mercados energéticos y la reestructuración (desintegración vertical e introducción de competencia en algunos segmentos del proceso productivo). La discusión ambiental se enfocó en los efectos del cambio climático. En años recientes, el debate ha pasado a los altos costos de la energía, la escasez de fuentes de suministro, la seguridad energética —así como hídrica y alimentaria— y la conservación (Bhattacharyya, 2011).

La noción genérica de eficiencia agrega al concepto de eficacia (que significa llegar al objetivo), la consecución de las metas al mínimo costo posible. Eficiente sería entonces un resultado obtenido al menor costo. Tanto “resultado” como “menor costo” implican varias aproximaciones alternativas. La eficiencia técnica o productiva es una medida de adecuación a las mejores prácticas ingenieriles (mínimo uso de insumos físicos por unidad de producto). La eficiencia asignativa permite ajustar las prácticas de producción a la mezcla de insumos que mejor refleje, desde un punto de vista económico, la escasez o abundancia relativa de los mismos (sustituyendo lo caro por lo barato, usando para ello los incentivos económicos o señales de “precios relativos”). La eficiencia total o económica aúna ambos conceptos: se está haciendo técnicamente lo adecuado, a la vez que, escogiendo la combinación de insumos que aconsejan los precios relativos (Ferro, Lentini y Romero, 2011).

Como corolario de la preocupación de los países y de los foros internacionales sobre el acceso, la eficiencia y la sostenibilidad del servicio de energía eléctrica, en 2011 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó, mediante la resolución 65/151, al año 2012 “Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos” definiendo tres objetivos globales a cumplir a más tardar en 2030: i) asegurar el acceso universal a los servicios de energía modernos (especialmente a la electricidad y a soluciones limpias y modernas para cocinar); ii) duplicar la tasa global de mejora en la eficiencia energética respecto del ritmo histórico; y iii) duplicar la cuota de las energías renovables en el conjunto de fuentes. Esta iniciativa ha sido adoptada formalmente por unos 70 países, y se han realizado cuantiosas inversiones para la consecución de estos objetivos. A fines de 2012, la Asamblea General de las Naciones Unidas anunció, mediante resolución 67/215, la “Década de la energía sostenible para todos” comprendida entre 2014 y 2024.

En línea con lo expuesto, dentro del Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) N° 7 “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” se encuentran dos metas relacionadas al tema del presente estudio: i) reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a los servicios básicos de saneamiento; y ii) incorporar los principios de desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente. También resulta de interés destacar que las consultas globales para la conformación de la Agenda de Desarrollo post 2015 comprenden once temas entre los cuales se encuentran tanto el agua como la energía. Se espera que la Agenda de Desarrollo post-2015 incluya nuevas metas e indicadores vinculados al agua, a las aguas servidas, a la energía, y eventualmente a la interacción del nexo agua-energía, promoviendo medidas de eficiencia y conservación de ambos recursos.

El crecimiento económico trae aparejado un incremento en la demanda de energía, que también necesita del recurso hídrico para su producción, y el crecimiento demográfico conlleva una mayor demanda de los servicios de agua potable y alcantarillado, incluido el tratamiento de aguas servidas, que implica un mayor consumo energético. El problema anterior se potencia por determinadas condiciones ambientales (fuentes de abastecimiento más lejanas, contaminadas y situadas en lugares inconvenientes), calidad requerida de los servicios (necesidad de mayor tratamiento del agua para potabilizarla), preocupación por efectos externos de uso de agua (tratamiento de las aguas servidas), etc.

La producción de energía de fuentes fósiles está estrechamente vinculada con la emisión de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que provoca o contribuye al cambio climático. Ante el limitado uso de fuentes energéticas alternativas en el mundo, de momento se continúa recurriendo a energías fósiles que generan gases de efecto invernadero, retroalimentando negativamente este ciclo (Cohen, Nelson y Wolff, 2004).

Kreuzer y Wilmsmeier (2014) proponen una definición de eficiencia energética, acorde a Horta (2010):

$$\text{Eficiencia energética (de un equipo o proceso)} = \frac{\text{Efecto energético útil deseado}}{\text{Consumo energético}}$$

Equivalente a:

$$\text{Eficiencia energética (de un equipo o proceso)} = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía consumida}}$$



La fórmula sólo revela parte del debate subyacente sobre la eficiencia energética, que por lo general se refiere a la lograda a través de mejoras en la tecnología (el lado de la oferta) (Kreuzer y Wilmsmeier, 2014). El ahorro de energía generado a través de la reducción del consumo (el lado de la demanda) no es capturado por esta definición. Si la política pública se enfoca en el primer concepto, se concentra en cuestiones ingenieriles y de comando y control (normas), en tanto si se mira el lado de la demanda, el enfoque es congruente con el uso de incentivos económicos (tarifas, subsidios, impuestos, multas, etc.) o morales y conductuales (campañas de información y educación).

Una metodología descrita en la literatura del sector de transporte para analizar la eficiencia energética se basa en el llamado enfoque evitar (“*avoid*”), cambiar (“*shift*”) y mejorar (“*improve*”) (introducido por Dalkmann y Brannigan, 2007), que adaptado al sector de agua potable y alcantarillado puede interpretarse como: i) evitar por parte de los usuarios el uso innecesario del recurso (control del consumo); ii) cambiar los hábitos y formas de consumo; y iii) mejorar la eficiencia técnica de las operaciones, minimizando la intensidad energética por unidad de producto. De allí, la relevancia de las auditorías energéticas y mejoras en los equipos y la infraestructura (plantas, medidores, bombas, motores, válvulas y cañerías) que permiten reducir pérdidas de agua y energía.

Por otra parte, es importante distinguir entre “eficiencia energética” y “conservación energética”: mientras que el primer término hace referencia a la productividad (unidades de servicio, producto o valor agregado por unidad de energía) —es decir, es un concepto relativo—; la segunda noción refiere a la reducción de la cantidad en términos absolutos de energía consumida (Harris y otros, 2008; Gillingham, Newell y Palmer, 2009).

La maximización de la eficiencia económica no implica *per se* la mejora de la eficiencia energética, dado que éste último es un concepto físico. La eficiencia económica implica el menor costo para el logro de las metas de producción. Si la energía tiene un costo relativo bajo, se usará con más intensidad en relación con otros insumos de producción, aun cuando fuera técnicamente posible ahorrarla. En contextos donde los precios no reflejen adecuadamente la escasez (por ejemplo, por subsidios al consumo o por externalidades como agotamiento de recursos no renovables, contaminación, cambio climático), los incentivos tanto a la conservación como a la eficiencia energética se debilitan. Lo mismo ocurre por la existencia de fallos en la conducta, entendiéndose como tales los malos hábitos por repetición o desconocimiento, o las dificultades de coordinación de acciones individuales que llevan al despilfarro de recursos (Gillingham, Newell y Palmer, 2009).

La noción de eficiencia energética entonces es ingenieril y puede entrar en colisión con la eficiencia económica. Ésta busca la combinación de insumos más apropiada (barata) para generar un producto. Minimizar el uso de un insumo físico particular puede no ser un objetivo deseable para el desarrollo económico: i) éste usualmente demanda altos niveles de utilización del insumo trabajo o capital según el caso, y minimizar el uso de energía puede ser contradictorio con lo anterior; ii) la demanda de bienes de capital (unos menos intensivos en energía) se incrementaría sin tener en cuenta las posibles sustituciones de factores; y iii) seleccionar una tecnología minimizadora de costos totales es defendible económicamente antes que otra que busque simplemente bajar el uso de energía.

Centrarse en las inversiones para eficiencia energética puede ser una mala política pública cuando no se promueve al mismo tiempo la eficiencia económica. Lo anterior se sintetiza en que deben considerarse políticas de eficiencia energética consistentes con la eficiencia económica (costo-efectivas) para alcanzar una mejor utilización de los recursos.

Entre las actividades sistemáticas realizadas por prestadores de servicios y gobiernos para cambiar la cantidad y el tiempo en que los usuarios utilizan la energía, se incluyen: i) administración de capacidad (“*load management*”) para reducir consumo en período punta o cambiar el horario en que se demanda; ii) conservación de la energía para reducir el consumo, a partir de cambios técnicos que incrementen la eficiencia en el uso y conducta de los usuarios; iii) sustitución de combustibles caros o escasos por otros más baratos o abundantes; y complementariamente; y iv) construcción de capacidad (ampliación de la oferta).

Las actividades anteriores pueden justificarse por una serie de razones: i) un megavatio-hora (MWh) de energía ahorrada es más que un MWh de energía producida, considerando las pérdidas del sistema; ii) por la baja eficiencia de la conversión o generación, la presión que se quita sobre los recursos es mayor, al restar necesidades de infraestructura y reducir el daño ambiental; iii) puede mejorar la utilización de la infraestructura al repartir la demanda en el tiempo, reducir la congestión y mejorar la confiabilidad del suministro; y iv) en países importadores, se baja la presión sobre la balanza de pagos y se alivia la vulnerabilidad a fluctuaciones de precios (Bhattacharyya, 2011).

La gestión de capacidad procura alterar la distribución de la necesidad de energía en el tiempo, reduciendo la demanda en períodos punta (con ello se pueden diferir los gastos de infraestructura) y desplazándola a períodos valle (reduciendo los costos unitarios de producción en esos lapsos). Hay varias formas de manejar la demanda final, pero suelen agruparse en dos grandes categorías: control directo de la capacidad (que es ingenieril) y control indirecto de la misma (mayormente económico). En el caso del control directo de capacidad, se desconecta, reconecta o modifica la operación del usuario final, proporcionando información, estableciendo incentivos y penalidades o cortando el suministro. El control indirecto de capacidad provee señales de precios a los consumidores para inducir cambios en los patrones de demanda de energía, por ejemplo, con tarifas horarias o estacionales.

El postulado de Khazzoom-Brookes, formulado en 1992 por Harry Saunders, sugiere que las mejoras en eficiencia energética que estén económicamente justificadas a nivel microeconómico, pueden llevar a mayores niveles de consumo de energía al nivel macroeconómico. Una paradoja de los esfuerzos en dirección a mayor eficiencia energética es el “efecto rebote” (“*take-back*” o “*rebound effect*”): en el proceso se ahorran recursos que pueden ser destinados a solventar un mayor consumo de energía, o sea, que no implican necesariamente conservación. Esta distinción también ayuda a comprender los efectos de variaciones en la elasticidad de la demanda de energía: variaciones de corto plazo normalmente se asocian a conservación, mientras que cambios de largo plazo se verán reflejados en la eficiencia energética por ajuste del equipamiento que se utiliza para consumir la energía (Gillingham, Newell y Palmer, 2009).

Se han identificado las siguientes tres formas de “efecto rebote”: i) directo, que es un incremento en la energía consumida debido a una caída en los precios de la energía resultantes de mayor eficiencia; ii) indirecto, que es un producto del ahorro en gastos provenientes de la reducción en costos de la energía que permiten al consumidor gastar más en otros bienes y servicios, incluida la energía; y iii) terciario o de equilibrio general, proveniente de ajustes en oferta y demanda realizados por todos los productores y consumidores en todos los sectores.

Los sectores de agua y energía están intrínsecamente ligados, tanto desde el lado de la oferta (generación eléctrica e instalaciones de agua potable y alcantarillado) como desde el lado de la demanda (los usuarios finales residenciales, comerciales, industriales, agricultura y minería). Dicha interacción, se enmarca dentro del nexo agua-energía (véase el recuadro 1), siendo creciente el interés en evaluar de forma conjunta e integral ambos sectores (Hardy, Garrido y Juana, 2012). El concepto de “eficiencia de la energía utilizada en el suministro de agua” (“*watergy efficiency*”) significa proporcionar al consumidor a costos razonables los servicios deseados, al mismo tiempo que se utiliza la menor cantidad posible de agua y energía (James, Campbell y Godlove, 2003)<sup>1</sup>.

El ciclo hidrológico del agua es sostenible desde el punto de vista energético: la lluvia escurre alimentando las corrientes naturales, y la gravedad genera su movimiento a lo largo de ríos que mueren en el mar; la energía solar evapora el agua, alimenta las nubes y cierra el ciclo. Cuando el ser humano interfiere, por ejemplo, para desarrollar una red de agua potable y alcantarillado, se requiere energía en las etapas de su producción y distribución: para captar el agua de fuentes subterráneas u otras, para transportar el agua cruda, para el tratamiento o potabilización del agua, para su distribución, para la recolección, la disposición y el tratamiento de aguas residuales. La disminución de la disponibilidad de agua, producto del cambio climático en las áreas de mayor estrés hídrico —que pueden coincidir con las

<sup>1</sup> De forma análoga a este concepto de “*watergy efficiency*” puede asociarse un nivel óptimo de consumo de agua (y consecuentemente de energía) tendiente a la conservación tanto de los recursos hídricos como energéticos.

de mayor demanda—, obliga a recurrir a fuentes alternativas energéticamente más exigentes (más contaminadas, localizadas a mayores distancias, etc.) y a elevar el agua subterránea desde mayores profundidades<sup>2</sup>. Si el agua fuera obtenida naturalmente de una fuente de alta calidad que no requiriera ni de bombeo ni de tratamiento, el costo energético pasaría a un segundo plano.

### RECUADRO 1 NEXO AGUA-ENERGÍA

El agua dulce y la energía son fundamentales para el desarrollo humano y de las naciones, por lo que el desafío actual es satisfacer estas necesidades y garantizar la universalización en el acceso tanto a los servicios de energía como a los de agua potable y alcantarillado. Sin embargo, el objetivo futuro será satisfacer la demanda creciente de agua y energía asociado al aumento de la población y los cambios en los estilos de vida, en el marco de creciente presión sobre los recursos naturales y el medioambiente.

La interrelación existente entre los dos sectores, dio lugar a la expresión “nexo agua-energía” que justamente refleja relación en ambos sentidos: energía para agua y agua para energía. La relación “energía para agua” se puede definir como el total de energía necesario para que el agua alcance los niveles de calidad requeridos para su consumo y disposición final e identificar la huella energética del agua (expresada en kilovatio-horas (kWh) por metro cúbico). Cualquier alteración realizada en el ciclo natural del agua por el hombre necesita de energía, de allí que la cantidad de energía necesaria para obtener 1 metro cúbico de agua potable puede oscilar entre 0,37 y 8,5 kWh dependiendo de la fuente de agua.

Asimismo, la relación “agua para energía” se explica como el total de agua requerido para la producción de energía, incluyendo tanto el agua consumida para la obtención de la materia prima como así también el agua implicada en los sistemas de enfriamiento en las plantas eléctricas. En 2010, la extracción mundial de agua para la producción energética representó el 15% del total utilizado. Al evaluar las variantes energéticas es importante considerar cuál es el agua virtual y la huella de agua asociada a cada una de ellas, ya que cada tecnología de producción de energía tiene un consumo diferente que depende del volumen de agua requerido, la procedencia y calidad de origen, y el tipo de sistema de refrigeración de las plantas, entre otros.

La eficiencia conjunta de los recursos hídricos y energéticos también es requerida por la vinculación con el cambio climático: el uso del agua consume energía, implicando la emisión de gases de efecto invernadero que alteran el clima, y esto último modifica el régimen de lluvias potencialmente disminuyendo la cantidad de agua disponible y consecuentemente aumentando los requerimientos energéticos para su extracción, profundizándose así este círculo vicioso.

Otra consideración relevante es la vinculación con la seguridad alimentaria. Los biocombustibles son un sustituto de la energía tradicional y contribuyen favorablemente a la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero, pero son intensivos en el consumo de agua o de energía (dependiendo del tipo de sistema de riego utilizado), generan competencia por el agua con otros cultivos agrícolas y han provocado un aumento del precio de los cereales.

Fuente: WWAP (2014), Cabrera (2011) y Hardy, Garrido y Juana (2012).

Al llevar los anteriores conceptos al sector de agua potable y alcantarillado y al contexto regional de América Latina y el Caribe, resulta conveniente tener en consideración las siguientes características de los mismos: i) salvo contadas excepciones nacionales, existen déficits de cobertura (mayores en alcantarillado que en abastecimiento de agua potable); ii) presenta elevadas pérdidas de agua en red (por cuestiones técnicas y comerciales), siendo altamente probable que entre un tercio y la mitad del agua producida e inyectada en el sistema de distribución se pierda; y iii) no en todos los casos las tarifas recuperan los costos de la prestación.

Entonces, incentivos económicos sobre la demanda pueden reducir los consumos más elásticos (de agua y por ende de electricidad). Con ello se libera capacidad de producción y se difiere la necesidad de inversiones, permitiendo reasignación de recursos para ampliar redes. Entre los ahorros por el lado de la demanda y aquellos por el lado de la oferta, cae la intensidad energética por unidad de producto, por una parte, y disminuye el producto por otro, reduciendo globalmente el consumo de energía total y mejorando la calidad del servicio (por ejemplo, mejorando la presión de agua).

En el presente trabajo se abordará el problema de la eficiencia energética tanto desde la óptica de la oferta (producción y costos de las empresas prestadoras) como de la demanda (usos del agua y

<sup>2</sup> Un caso ilustrativo es el de la Ciudad de México. Según Guerrero y otros (2009), en el centro, norte y noroeste del país, donde se concentra 77% de la población y se genera el 85% del producto interno bruto, sólo se recibe 32% del escurrimiento total nacional. El déficit hidráulico ha causado la sobreexplotación de los acuíferos: anualmente el acuífero se recarga con cerca de 700 millones de metros cúbicos, pero son extraídos 1.300 millones. Otro ejemplo son las dos grandes ciudades del Brasil (Jornal Nacional, 2013). Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) que abastece a Rio de Janeiro, recibe parte de su agua cruda de Barra do Pirai, que se localiza a unos 120 kilómetros de la ciudad. São Paulo tampoco tiene agua suficiente en su propio territorio. El agua cruda para casi la mitad de la región metropolitana proviene del Sistema Cantareira y precisa ser conducida por más de 100 kilómetros.

respuesta de los consumidores a incentivos de precios relativos e ingreso, así como morales o conductuales) de servicios de agua potable y alcantarillado.

Por el lado de la oferta, y considerando los incentivos enfrentados por los demandantes como constantes con propósitos analíticos, el proceso productivo reconoce coeficientes físicos de utilización: dado el equipo y su estado, el nivel de producción que debe ser abastecido y las normas de calidad vigentes, existiendo un requerimiento técnico de unidades de energía por unidad de producto final (metros cúbicos de agua potable producida y entregada en domicilio a los consumidores y volumen proporcional conexas de aguas residuales retirado del domicilio, conducido y tratado). Dichas necesidades de energía se pueden reducir con nuevos y mejores equipos (incluidos los de impulsión y los de medición de caudales), mejor mantenimiento de los existentes y reducción de pérdidas técnicas por roturas o desperfectos. A su vez, los requerimientos de calidad pueden elevar las necesidades de energía por unidad de producto, y los costos de la energía utilizada pueden variar a partir de controlar consumos en períodos punta y mejorar las condiciones comerciales de abastecimiento de electricidad.

Con un enfoque más amplio, puede considerarse que la coordinación en la planificación y acción en materia de ordenamiento territorial urbano entre las autoridades jurisdiccionales, los reguladores y las empresas de servicios públicos, tendiente a pautar el crecimiento armónico de las ciudades, contemple incentivos relacionados con la densificación poblacional, direccionamiento de la expansión urbana y la cobertura de los servicios públicos que contemplen ganancias de eficiencia energética sin descuidar los eventuales costos sociales y ambientales.

Por el lado de la demanda, la medición de los consumos finales y un adecuado tratamiento tarifario, de subsidios e impuestos, junto con cambios en el equipamiento del hogar, complementados con campañas educativas para reducir el derroche (controlar los “fallos de conducta”), pueden disminuir el consumo de agua y con ello la producción requerida. Además, se facilita la detección y prevención de pérdidas comerciales (clandestinos). Es decir, hay una combinación de reducción del despilfarro y del robo y de aumento en la racionalidad del uso.

La segunda sección de este documento, tras esta introducción, trata sobre la economía de energía en el proceso de prestación de los servicios y usos del agua. La tercera parte se dedica a la eficiencia energética y los objetivos sustantivos de regulación económica. El cuarto capítulo se ocupa de la eficiencia energética e información para la regulación. El punto que se expone en la quinta sección es la eficiencia energética en el quehacer de los reguladores sectoriales. Por último, la sexta parte presenta conclusiones y recomendaciones de políticas públicas.

## **II. Economía de energía en los servicios de agua potable y alcantarillado**

---

En esta sección la atención se dedica al análisis de la economía de uso (y producción) de energía vinculada con los servicios de agua potable y alcantarillado. Se estudia el consumo por etapas y procesos, y sus factores condicionantes. Se examinan las oportunidades de incrementar la eficiencia energética en los procesos anteriores y se reseña la situación en los países de América Latina y el Caribe.

### **A. Consumo de energía en los servicios de agua y alcantarillado**

Hoffman (2012) destaca que el 7% del consumo mundial de energía se emplea en el ciclo del agua. Ese promedio, sin embargo, incluye amplia variabilidad. A manera de ejemplo, se estima que en los Estados Unidos, país especialmente intensivo en consumo de energía, su consumo en el sector de agua potable y alcantarillado es el 3% del uso total de energía de las ciudades, pero en algunos estados, como por ejemplo en California, puede representar hasta el 20%, debido principalmente a la escasez del recurso hídrico y el uso de sistemas productivos más intensivos en energía (WWAP, 2014). El peso relativo puede variar significativamente dependiendo de las condiciones topográficas y climáticas, como así también económicas, tecnológicas y culturales. Datos para Brasil del 2010 arrojaron que el consumo energético de los prestadores de servicios fue aproximadamente el 2,4% del consumo total nacional (Silva Vieira, 2012). Burns (2013) estima un 5,8% para España.

El uso energético del sector de agua potable y alcantarillado se puede dividir en dos partes claramente diferenciadas: los procesos asociados a las etapas de la prestación de ambos servicios (captación, transporte, potabilización, distribución, recolección y tratamiento de aguas residuales), y por otro lado, los usos finales del agua (bombeo y distribución interna del inmueble, calentamiento, dilución, generación de vapor para usos industriales, etc.).

Existen múltiples estimaciones sobre el consumo de energía de los servicios de agua potable y alcantarillado, pero los datos son muy heterogéneos puesto que, además de las particularidades locales de cada servicio, el espectro de las investigaciones es disímil ya que algunos estudios abarcan sólo el proceso productivo y otros el gasto energético vinculado a los usos finales del agua. Sin embargo, existe una coincidencia respecto de la relevancia del consumo energético del sector de agua potable y

alcantarillado. También, muchos artículos son consistentes en afirmar que el consumo energético asociado a los usos finales supera ampliamente la energía vinculada al proceso de provisión de agua potable y tratamiento de aguas servidas. Por lo tanto, políticas destinadas a la conservación y eficiencia energética tienen un alto impacto, especialmente aquellas orientadas a los usos finales que necesiten de agua caliente.

## 1. Condicionantes del consumo por etapas y procesos

El agua cruda<sup>3</sup> se destina a varias categorías de usuarios: residencial, comercial, industrial, minero, agrícola y energía. Las extracciones de agua se pueden hacer por cuenta propia o a través del suministro público de agua. La mayor parte de los volúmenes extraídos se hacen en forma de autoabastecimiento (riego en agricultura, uso en minería, energía termoeléctrica, generación hidroeléctrica, industrias manufactureras, por ejemplo), siendo minoritaria la parte que utiliza la provisión pública de agua potable por red (para usos residenciales, comerciales e industriales, alrededor de un 10% del total a nivel mundial). La extracción con este destino requiere típicamente más energía, porque el agua debe ser bombeada desde las profundidades para el caso de aquella de origen subterráneo. También necesita ser tratada según la norma de potabilización especificada por la autoridad sanitaria de aplicación, aunque el tratamiento convencional —el más común— para potabilización usualmente utiliza, comparativamente, muy poca energía. Además, se suele bombear a distancias más largas y alturas más elevadas, mientras que usuarios industriales y agrícolas se autoabastecen en general consumiendo el agua en las proximidades donde se realiza la actividad (Sanders y Webber, 2012).

Para el sistema de abastecimiento de agua potable, se requiere energía para captarla desde la fuente, potabilizarla y distribuirla a los usuarios residenciales y no residenciales. La intensidad energética se define como el total de energía requerida para proveer un determinado volumen de agua en una localización específica (Cohen, Nelson y Wolff, 2004). La intensidad energética de un volumen de agua está influenciada por factores tales como el tipo, la ubicación y la calidad de la fuente, la proximidad a la planta de potabilización y a sus destinatarios, la topografía del terreno donde se debe realizar la distribución y el uso final previsto. El consumo eléctrico de cada prestador depende en definitiva del diseño del sistema de agua, como así también de la altura y distancia a las que el agua necesita ser bombeada (Denig-Chakroff, 2008).

Para captar, elevar y transportar el agua hasta la planta de potabilización, el uso de energía varía según la fuente: aguas superficiales, aguas subterráneas, agua salobre o salina (que requiere un proceso de desalinización; véase el recuadro 2) y aguas recicladas. La eficiencia energética es altamente dependiente de las condiciones topográficas del sitio en el que están las instalaciones del operador y la red de distribución de agua (GO Brazil Asociados, 2013):

- Incide en primer lugar la profundidad de la captación. El agua subterránea requiere una carga mucho mayor de bombeo para su extracción que las superficiales en lagos o ríos.
- La distancia de la fuente de captación a la planta también es importante. Cuando las fuentes se encuentran en zonas alejadas de los consumidores, se debe transportar el agua por medio de acueductos que requieren una carga dinámica grande para vencer la fricción que ejerce el líquido sobre las paredes del conducto, para lo cual puede ser necesario el uso de bombeo, mientras que cuando las captaciones se encuentran cerca de la población, esta carga puede ser mucho menor.
- La topografía del terreno es un tercer elemento. Las poblaciones que se encuentran en áreas con poca diferencia de altura requieren menor carga dinámica para la distribución del líquido que otras con grandes desniveles y cuya carga estática a vencer por el equipo de bombeo es mayor para hacer llegar el agua a las zonas más altas. Alternativamente, si la fuente de abastecimiento está a mayor altura, el uso de la gravedad ahorra energía para impulsión y puede inclusive generar aquella.

<sup>3</sup> Se trata del agua captada de la fuente de abastecimiento (río, lago, acuífero, etc.) antes de ser potabilizada.

- La fase de extracción puede requerir en promedio entre el 10 y el 30% del consumo energético total, según la fuente sea superficial o subterránea (Liu y otros, 2012).

Luego viene la fase de potabilización. La intensidad energética de una tecnología dada se correlaciona con el volumen, la concentración y tipo de contaminantes, y la naturaleza de las bacterias a ser removidas. Las aguas subterráneas por lo general requieren mucho menos tratamiento que las superficiales, a veces sólo la cloración del agua cruda que demanda muy poca electricidad (Liu y otros, 2012). A medida que las fuentes de abastecimiento son de peor calidad o se degradan, se requiere más tratamiento de potabilización y ello consume más energía para eliminar contaminantes. Del mismo modo, el agua que requiere un uso final de alta calidad, típicamente demanda más energía. Dado que estos requisitos difieren según la ubicación geográfica, el clima, la estación del año y las normas locales de calidad del agua, los consumos de energía de diferentes sistemas varían de forma significativa (Sanders y Webber, 2012). Cuán salobre es el agua es otro elemento que puede sumar intensidad energética. La desalinización tiene mayor consumo de energía que las fuentes subterráneas y superficiales de agua dulce. El agua reciclada es usada principalmente para la recarga de acuíferos (agua subterránea), riego de parques, jardines y cultivos intensivos. El costo energético para su utilización tiene que ver con el tratamiento a que se la someta y la energía necesaria para el transporte hasta el lugar de uso. Si se utiliza para usos distintos al abastecimiento humano, tiene comparativamente menores costos que otras fuentes. La etapa de potabilización puede requerir en promedio entre un mínimo de 1% y un máximo de 10% del consumo energético total para agua, según la fuente sea subterránea o superficial respectivamente (Liu y otros, 2012).

## RECUADRO 2 DESALINIZACIÓN

Para los países que sufren de escasez de recursos hídricos, el proceso de desalinización (también conocido como desalación) permite que agua salobre o de mar se convierta en una fuente alternativa de suministro de agua para el abastecimiento humano. En España, la desalinización provee el 16% del agua para potabilización. En la región está presente en varios territorios insulares caribeños (Bahamas, Barbados, Isla Margarita en Venezuela, etc.).

La principal desventaja de la desalinización está dada por su alta intensidad energética. De las distintas fuentes primarias de agua empleadas en España, el agua de desalación es la que tiene la mayor intensidad energética: el consumo energético es de 3,48 kWh/m<sup>3</sup>, mientras que la captación de agua subterránea o superficial sólo implica el gasto de alrededor de 0,50 kWh/m<sup>3</sup>.

Los procedimientos para la desalinización del agua salobre o de mar son variadas, siendo el nivel de concentración de sal, los estándares de calidad exigidos, como así también el tipo de fuente de energía disponible y su costo, factores determinantes para elegir la técnica más adecuada. Por este motivo, existe también disparidad en la intensidad energética de cada planta desalinizadora: el consumo energético de aquellas que utilizan aguas salobres interiores varía entre 0,72 y 2,58 kWh/m<sup>3</sup>, mientras las que emplean agua de mar la intensidad se eleva entre 1,25 y 4,85 kWh/m<sup>3</sup>.

Por lo tanto, la desalinización sólo debe ser considerada como una opción adecuada cuando no hay otras fuentes y el costo ambiental (caso trasvase) o costo de la energía para el transporte es muy alto. En zonas de extrema aridez se busca implementar plantas de energía y de desalinización combinadas (plantas híbridas de desalinización) que utilizan procesos innovadores de integración de desalación térmica con generación de energía, donde el vapor residual de la planta de energía se utiliza como la fuente de calor para el proceso de desalinización, mejorando la eficiencia del sistema y ahorrando costos.

Fuente: Hardy y Garrido (2010) y WWAP (2014).

La etapa de transporte es la más costosa en términos energéticos, dado que para la distribución y el mantenimiento de la presión en la red se necesita el bombeo del agua y la presurización. Incluso, también se requiere del bombeo para mover al agua hasta los reservorios para hacer frente a picos de demanda. El agua debe ser transportada entonces desde la fuente hasta la planta de tratamiento y luego hasta los tanques o espacios de reserva o almacenamiento para finalmente llegar hasta el usuario a través de las cañerías. Además, cuando la población se asienta en sectores periféricos ubicados a mayor altura, se requiere bombeo adicional. A su vez, se producen pérdidas en la red, en parte inevitables, como las roturas en las tuberías por exceso de presión o presencia de corrosión en tuberías de acero y, en parte evitables, como la falta de mantenimiento o de reemplazo de las cañerías que ya cumplieron su vida útil. Las pérdidas incrementan la intensidad energética, dado que la energía consumida en la captación, tratamiento y transporte se pierde en parte por las filtraciones referidas. La etapa de distribución puede requerir en promedio entre un 69% y un 80% del consumo energético (Liu y otros, 2012). En la práctica, debido a la longitud de las redes de agua urbanas, es complejo realizar una auditoría energética de la

etapa de distribución, excepto el consumo energético de los equipos de bombeo (excluyendo los consumos internos de las viviendas y edificios).

La energía requerida para potabilizar y distribuir el agua de red (abastecimiento centralizado) varía significativamente entre ciudades, reflejando la diversidad de las condiciones físicas locales (tales como calidad del agua, distancia de bombeo, topografía, etc.). Por ejemplo, en 2006-07 para Australia el rango fue entre 0,09 a 1,92 kWh/m<sup>3</sup> (Kenway y otros, 2011). En cambio, la energía asociada a la recolección y disposición de las aguas residuales fluctuó entre 0,45 y 1,13 kWh/m<sup>3</sup>, en función de los parámetros asociados al nivel de tratamiento exigidos por la legislación vigente que determina los aspectos físicos o ambientales. En el Brasil, entre las empresas de jurisdicción estadual, el gasto de energía promedio para producir un metro cúbico de agua extraída, potabilizada y distribuida en 2011 era de 0,71 kWh. Entre las empresas municipales, la energía media utilizada para producir un metro cúbico de agua fue de 0,83 kWh (GO Brazil Asociados, 2013). Respecto de las bombas elevadoras, Kenway y otros (2011) destacan que elevar el agua 6 pisos de un inmueble vertical implica un gasto de 0,14 kWh/m<sup>3</sup>, por lo que en ciudades con muchos edificios de altura se incrementa el consumo energético. Sin embargo, en ciudades muy extendidas geográficamente y con un sistema de abastecimiento centralizado, la necesidad del bombeo horizontal por las largas distancias (a los suburbios) también puede ser significativa.

Una vez que el agua llega a los usuarios, allí se requiere más energía para calentarla, enfriarla o inclusive bombearla. Por lo tanto, cambios en la demanda de agua afectan directamente el consumo de energía. En los Estados Unidos, entre el 75-80% de la variabilidad en el consumo total de energía por parte de los prestadores se explica por el volumen de agua usado (Liu y otros, 2012). En consecuencia, el mayor potencial de ahorro energético consiste en reducir el volumen de agua consumido, dado que la conservación del agua elimina los requerimientos energéticos tanto de la etapa de la producción como en el uso final.

El sistema de alcantarillado está compuesto por recolección y transporte de las aguas servidas (10% de la energía usada en esta etapa dependiendo de la topografía, según Liu y otros, 2012), el tratamiento (55% del requerimiento energético en esta fase, mayormente para aireación en el caso de las tecnologías que la usan) y la disposición o reúso de los lodos provenientes del tratamiento (35% de la energía utilizada en alcantarillado). Todas las etapas requieren de energía, especialmente las que hacen uso de bombeo. El consumo de energía en el tratamiento depende del tamaño de la planta, el tipo de proceso y la eficiencia. Algunas plantas de tratamiento recuperan energía en forma de biogás, lo que reduce el consumo neto.

La intensidad energética estimada para grandes instalaciones de tratamiento de aguas residuales típicas (aproximadamente 380.000 m<sup>3</sup>/día) en los Estados Unidos es de 0,177 kWh/m<sup>3</sup> en el caso de filtro percolador; entre 0,272 kWh/m<sup>3</sup> y 0,314 kWh/m<sup>3</sup> para el tratamiento de lodos activados y 0,412 kWh/m<sup>3</sup> para el tratamiento avanzado de lodos activados con desnitrificación (Liu y otros, 2012). La intensidad energética ascendente de las cuatro tecnologías señaladas se debe principalmente a la presencia de aireación en los tres últimos procesos de tratamiento y los requerimientos de bombeo adicionales cuando sea necesario.

En el cuadro 1 se resume la utilización de energía en las etapas de producción y distribución de agua potable y recolección, disposición y tratamiento de aguas residuales, mostrando las proporciones sobre el total y rangos de amplia variabilidad que se pueden tomar como indicativos del consumo en cada etapa. En este cuadro se muestran cifras promedio teniendo en cuenta que en la región hay ciudades que aprovechan mucho la topografía, en tanto, otras son de llanura, y a su vez, servicios tienen distinto grado de tratamiento de aguas residuales y diferentes niveles de cobertura de agua potable y alcantarillado.

En las empresas de agua potable y alcantarillado de Inglaterra y Gales, el gasto en energía eléctrica se reparte en el 52% para el servicio de agua potable y el 48% para el alcantarillado (Brandt, Middleton y Wang, 2012). Sin embargo, estas incidencias pueden variar de forma significativa en función de las condiciones en las que operan los servicios. Por ejemplo, en los servicios de Melbourne (Australia), el consumo de electricidad del servicio de agua potable representa sólo el 23%, dado que el sistema de conducción de agua cruda ocurre por gravedad con lo cual el bombeo es mínimo, mientras



que el tratamiento de aguas residuales representa el 65% ya que la tecnología empleada es intensiva en el uso de energía y una parte debe ser bombeado cerca de diez mil kilómetros para su descarga. Por el contrario, en los servicios, como los que predominan en los países de la región, en los que la cobertura de agua potable es superior a la de alcantarillado y el porcentaje de tratamiento de las aguas residuales es reducido y de bajo nivel de calidad, el consumo de energía del servicio de agua potable posee una mayor participación en el total del consumo.

## 2. Condicionantes del consumo en los usos finales del agua

Gran parte de los estudios sobre el nexo agua-energía, al estimar la “energía para agua” se centran en cuantificaciones vinculadas a las etapas de prestación del servicio puesto que resulta más fácil acceder a los registros de empresas proveedoras. La dificultad (y en algunos casos hasta imposibilidad) de realizar mediciones sobre cada uso final del agua y además conocer el consumo energético, lleva a que gran parte de las cuantificaciones de impacto resulten de la modelización a partir de información disponible sobre la evaluación del funcionamiento de algunos artefactos domésticos y proyecciones sobre estimaciones de consumo por tipo de uso obtenidas de encuestas o instalación de medidores *ad hoc*.

**CUADRO 1**  
**UTILIZACIÓN DE ENERGÍA POR ETAPAS Y EN EL CICLO COMPLETO**  
(En porcentajes)

Etapa	Proporción de energía consumida en cada etapa	Proporción de energía consumida en todo el ciclo	Comentarios
Abastecimiento de agua	100	65	
Captación y conducción de agua cruda	10 (superficial) a 30 (subterránea)	7 (superficial) a 20 (subterránea)	Dependiendo de distancia, la gravedad y la profundidad de la fuente
Potabilización	10 (superficial) a 1 (subterránea)	7 (superficial) a 1 (subterránea)	Dependiendo de la gravedad y calidad de la fuente
Bombeo para transporte y distribución de agua potable	80 (superficial) a 69 (subterránea)	52 (superficial) a 45 (subterránea)	Dependiendo de la gravedad y la distancia
Alcantarillado	100	35	
Recolección de aguas residuales	10	4	Dependiendo de la gravedad y la distancia
Tratamiento de aguas residuales	55	19	Calidad del tratamiento y gravedad
Disposición de lodos	35	12	Puede producirse energía en el tratamiento de los lodos

Fuente: Elaboración propia en base a Liu y otros (2012) y Kenway y otros (2011).

Sin embargo, múltiples autores coinciden en señalar que el consumo energético asociado a los usos finales del agua supera ampliamente a la energía consumida en el proceso de prestación del servicio (considerando todas las etapas vinculadas a la provisión de agua potable y recolección y tratamiento de aguas residuales). Uno de los aspectos claves radica en que el ahorro de agua en el consumo final de los usuarios tiene un impacto multiplicador en el ahorro de energía en la etapa de la oferta, dado que disminuye el consumo de energía requerido “aguas arriba” en las etapas de captación, potabilización y distribución, así como en las etapas “aguas abajo” de recolección, disposición y tratamiento de las aguas servidas (Cohen, Nelson y Wolff, 2004).

Por el lado de la demanda del agua, un primer condicionante del consumo energético está dado por la estructura del consumo entre las distintas categorías de usuarios y a su vez la distribución entre los distintos usos. En ciudades industrializadas, los usuarios residenciales determinan el 60% del consumo mientras que los no residenciales (que engloba el sector comercial, institucional e industrial) representan el 40% restante (Retamal y otros, 2008).

Los factores determinantes del consumo residencial de agua y energía pueden agruparse en:

- Vinculados al hogar: Temperatura ambiental, cantidad de personas y composición del hogar, tamaño de la vivienda, presencia de jardín, piscina, etc.
- Socioeconómicos: Nivel de ingreso o gasto, nivel de educación, aspectos culturales, hábitos de consumo, grado de compromiso ambiental, nivel de conocimiento sobre nexo agua-energía, información sobre sus consumos por tipo de uso, etc.
- Técnicos y tecnológicos: Medición de los consumos, eficiencia hídrica y energética de artículos sanitarios (inodoros, grifería, etc.) y electrodomésticos (lavarropas, lavavajilla, etc.), características constructivas del inmueble, propiedades del sistema de calentamiento utilizado (tipo de combustible, volumen de agua caliente almacenada, nivel de aislamiento, temperatura del termostato, y cualquier pérdida de agua o calor), etc.

Millock y Nauges (2010), tomando como base 10.000 hogares de 10 países de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), determinan que la principal variable explicativa está dada por el carácter del usuario respecto de la propiedad de la vivienda (dueño o inquilino), seguido por la existencia de medición de los consumos y tarificación por volumen consumido, factores socioeconómicos como el tamaño del hogar y conductas de comportamiento (por ejemplo, compromiso con valores ambientales). Sin embargo, no tendría un rol significativo el nivel de ingreso en la adopción de medidas de eficiencia hídrica.

En cuanto al consumo de agua que realizan los hogares residenciales por tipo de actividad, un estudio llevado a cabo en los Estados Unidos obtuvo la siguiente desagregación: 28% inodoro, 21% lavarropas, 17% ducha y 34% otros (McMahon, Whitehead y Biermayer, 2006). A su vez, estimaciones para Australia resultan en: 26% inodoro, 26% lavarropas, 28% ducha y 20% otros (Kenway y otros, 2008), mientras que en el Reino Unido se observa la siguiente composición relativa de los usos finales en el hogar: 25% ducha, 22% inodoro, 22% canilla (agua fría) y 31% otros (Energy Saving Trust, 2013).

La caracterización por tipo de uso en el consumo final de agua residencial resulta de interés para orientar los proyectos de eficiencia energética en aquellos usos de mayor intensidad energética que son los vinculados a los procesos que requieren el calentamiento del agua (muchas veces englobados bajo el término “agua caliente”) tales como higiene personal y el uso de electrodomésticos como lavavajillas y lavarropas, y realizando una distinción de aquellos usos vinculados al “agua fría” (descarga de inodoro y principalmente usos externos). Asimismo, también puede resultar de utilidad para evaluar el porcentaje del consumo total que no necesariamente requeriría de agua potable (por ejemplo, descarga de inodoro y riego de jardines) y que eventualmente podría ser abastecido a través de fuentes alternativas, como por ejemplo, el reúso y la recolección de agua de lluvia<sup>4</sup>.

En Australia, la energía usada para calentar el agua residencial en las ciudades de Sídney, Melbourne, Perth, Brisbane, Gold Coast y Adelaida oscila entre 4,7 y 11,2 veces la empleada en la etapa de distribución de los servicios de agua potable urbanos dependiendo de cada ciudad (Kenway y otros, 2008). Asimismo, el gasto energético para calentar el agua representa la mayor causa de consumo de energía en los hogares. En los Estados Unidos, se estima que el consumo energético empleado para calentar el agua por parte de los hogares representa el 24% del total del consumo final residencial de gas y el 9% del consumo residencial de electricidad (McMahon, Whitehead y Biermayer, 2006). Esta

<sup>4</sup> Al analizar el impacto ambiental de fuentes de abastecimiento alternativas es importante evaluar las particularidades de cada caso y considerar tanto la energía requerida para la operación del sistema, como así también la energía incorporada en la producción de los elementos que lo integran.

estimación es consistente con la hallada para ciudades de Australia y Nueva Zelanda donde la energía empleada para calentar el agua representa el 27% y 29% respectivamente de la demanda residencial de energía (Kenway y otros, 2008). Asimismo, en el Reino Unido, el 16% de la factura residencial de electricidad y gas está vinculado al uso del agua (Energy Saving Trust, 2013).

En cuanto a los usos finales no residenciales, los sectores comerciales e institucionales (instituciones de salud, educación, gobierno, etc.) presentan usos del agua e intensidades energéticas similares al sector residencial dado que satisfacen el mismo tipo de necesidades (cocina, baño, riego, etc.). En cambio, en los usos industriales del agua, las intensidades energéticas están determinadas principalmente por las características del proceso productivo, y requerimientos de los sistemas de refrigeración y calefacción, lavado, riego y dependiendo si el agua es utilizada como insumo. Por consiguiente, la intensidad energética asociada al uso puede variar considerablemente entre sectores productivos (Cohen, Nelson y Wolff, 2004).

## **B. Mejorando la eficiencia energética**

El porcentaje relativamente bajo de consumo de energía por parte de los prestadores en comparación con el consumo energético de los usuarios, indica que el mayor potencial de ahorro está dado por la disminución del consumo de agua en los usos de mayor intensidad energética, que en el caso residencial corresponden al agua caliente para higiene (ducha, baño y lavado de manos) y electrodomésticos (lavarropas y lavavajillas)<sup>5</sup>.

Por estos motivos, es importante que se establezca un orden de prioridades de las acciones a encarar para lograr mejoras de la eficiencia energética en los servicios de agua potable y alcantarillado. Por ejemplo, la disminución de fugas debe tener lugar antes del rediseño del sistema y la instalación de equipos eficientes en el uso de energía, para que las especificaciones y dimensiones no se basen en parámetros que han cambiado al controlar parte de las pérdidas. Asimismo, en forma simultánea y conjunta se deben coordinar las oportunidades asociadas a medidas del lado del suministro, con las actividades del lado de la demanda. Reduciendo las puntas de demanda y favoreciendo la conservación del agua, se puede eliminar (o posponer) la construcción de nueva infraestructura (plantas potabilizadoras, reservorios, etc.) o disminuir las necesidades de ampliación. Simultáneamente, cuando se atenúan las puntas de demanda de agua o energía, también el menor consumo de agua favorece el ahorro energético. Se suma a lo anterior el efecto de tarifas realistas sumadas a micro-medición (véase el recuadro 3), que en algunos países han mostrado reducciones importantes de consumo respecto de niveles precedentes.

### **1. Optimización desde el lado de la oferta**

Entre las principales medidas y acciones que pueden tomarse para lograr mayor eficiencia energética, cabe mencionar las siguientes por el lado de la oferta:

- Disminución de fugas o pérdidas técnicas en la red. La reducción de las fugas, o más ampliamente, el agua no contabilizada (ANC) (incluyendo también las pérdidas comerciales o clientes clandestinos, lo que no tiene impacto energético, pero aumenta la facturación), tiene un impacto significativo en el consumo de energía de la prestación del servicio de agua potable, pero a menudo se considera como un conjunto separado de las actividades en la prestación de los servicios, debido a su complejidad técnica e institucional. Lo común es que la detección de fugas se haga hasta que el costo adicional del ahorro logrado supere lo insumido en generación de agua adicional. Una revisión de 54 proyectos en países en vías de desarrollo arrojó que la pérdida promedio de agua durante su suministro, tratamiento y especialmente distribución, era del 34% (James, Campbell y Godlove, 2003). Una muestra que abarca a 15 empresas en América Latina que le prestan servicio de agua potable a

<sup>5</sup> Por ejemplo, se estima que en Australia una disminución del 15% en el uso final residencial de agua caliente podría tener el potencial equivalente al consumo actual de energía en la provisión de los servicios (Kenway y otros, 2008).

aproximadamente 26 millones de clientes (es decir, a más de 100 millones de personas) y alcantarillado a unos 20 millones de clientes, presenta pérdidas en promedio del 38% de la producción (con máximo del 53%, aunque puede haber inclusive casos más graves en la región) (Ferro y Lentini, 2013). Reducir las pérdidas de agua es una forma directa de disminuir el consumo eléctrico. Desde la oferta es posible controlar las pérdidas técnicas (cuya estimación es compleja y depende del grado de medición existente) que corresponden a las pérdidas en la red producto de la avería o deterioro por el paso del tiempo de las tuberías, juntas y válvulas. A excepción de grandes y visibles pérdidas, la mayoría son pequeñas y lentas, no fácilmente detectables, lo que implica procesos con equipos especializados y muy intensivos en tiempo y trabajo, lo que hace que esta tarea sea muy costosa (tanto su detección como su reparación). En la industria es aceptado como estándar una pérdida promedio mínima entre 10% y 15% (Denig-Chakroff, 2008). La presencia de fugas obliga a producir y distribuir más agua de la necesaria, y además a aumentar la presión del sistema para garantizar que el producto llegue al consumidor. Por lo general, el aumento de la presión es económicamente más caro que arreglar las fugas. Además, una presión más alta en el sistema agrava las fugas, desperdiciando más agua potable y, por consiguiente, energía<sup>6</sup>.

### RECUADRO 3 MICRO-MEDICIÓN Y CONTROL DE CONSUMO

En las grandes ciudades de América Latina, la dotación de consumo de agua potable se encuentra entre mínimos del orden de los 100 a 150 litros por habitante por día o 12 a 15 metros cúbicos por cliente por mes y máximos de unos 360 litros por habitante por día o 30 a 50 metros cúbicos por cliente por mes. En esta materia cabe destacar lo sucedido en Chile, Colombia y el Perú donde se evidencia una marcada tendencia a la disminución del consumo de agua potable que puede vincularse con valores tarifarios acordes con los costos y con la micro-medicación. En Chile, se ha pasado de una dotación por cliente por mes de 24 metros cúbicos en 1998 a 19 en 2011, es decir, una reducción del 21%. Mientras que en Colombia (en zonas de clima templado), la dotación por cliente por mes que era en 1999 de 18 metros cúbicos descendió a 14, lo que representa un ahorro del 22% (en las zonas de climas caliente y frío la reducción fue mayor, del orden del 33%). En el Perú, el consumo diario descendió de 164 litros por habitante en 2006 a 144 en 2011, lo que representa una disminución del 12%.

Estos resultados son fundamentales al momento de evaluar el nivel de eficiencia de la prestación, así como el impacto ambiental de los servicios (utilización del recurso y nivel de contaminación). En este sentido el rasgo común de las empresas que poseen mayor cobertura financiera es que los consumos facturados se basan en la micro-medicación y que las dotaciones de consumo se encuentran entre las más bajas. Estas tendencias también se corroboran mediante las correlaciones entre las variables que ayudan a caracterizar a los prestadores. Por ejemplo, la correlación simple entre la dotación y la tarifa es de -0,64 (congruente con una elasticidad negativa y relativamente baja); entre proporción de micro-medicación y dotación, de -0,65 (consistente con el hecho de que la medición ayuda a controlar el consumo, máxime cuando la medición tiene correlación positiva de 0,69 con el precio medio (es decir, que quienes más miden, cobran más tarifa); y entre pérdidas y medición, -0,31 (los medidores ayudan a controlar pérdidas).

Fuente: Ferro y Lentini (2013) y Momiy Hada (2012).

- Rediseño del sistema. Por el lado del suministro, las áreas que ofrecen oportunidades significativas para mejorar la eficiencia energética incluyen los sistemas de tuberías, bombas, motores, compresores, equipo de tratamiento de aguas residuales (como aireadores y sopladores) y equipos de desinfección (como mezcladores de cloro, ozonizadores y equipo ultravioleta). Las posibles acciones a tomar incluyen la modernización de los equipos, el uso de tuberías de baja fricción, bombas eficientes, motores con transmisión de velocidad regulable, nuevos capacitores y transformadores, y ajuste de la profundidad de bombeo a la dinámica y estática del acuífero. Se destaca la sustitución de los equipos antiguos por bombas energéticamente eficientes (Goldstein y Smith, 2002)<sup>7</sup>. La edad del sistema de suministro de

<sup>6</sup> Para resolver el problema, se sugiere (James, Campbell y Godlove, 2003): i) establecer un sistema de contabilización del agua, útil para controlar y cuantificar las pérdidas, dado que se mide el agua en su lugar de origen y se compara con el volumen distribuido o vendido a los usuarios finales; ii) fijar estrategias para la detección y reparación de fugas; y iii) armar un equipo para la detección de pérdidas. Muchas de ellas no son fácilmente detectables porque las tuberías son subterráneas, por lo que resulta conveniente contar con dispositivos adecuados para identificarlas con precisión, sectorialización, etc.

<sup>7</sup> Para evaluar el desempeño del sistema o necesidades futuras, James, Campbell y Godlove (2003) sugieren la siguiente metodología de evaluación: i) evaluar la posibilidad de aprovechar mejor la gravedad o un mejor uso de las bombas ya disponibles; ii) realizar reparación y mantenimiento programados, incluyendo también tareas de evaluación continua de la eficiencia de las bombas, los

agua potable incide en el consumo energético: la fricción en los sistemas de tuberías y la disminución en la eficiencia de los sistemas de bombeo resulta en un aumento de los requisitos de electricidad. A través de los años de uso, las tuberías de agua se corroen y se van depositando minerales en el interior de las cañerías, que generan una mayor resistencia al flujo de agua y por lo tanto requieren de mayor poder de bombeo (y consecuente gasto de electricidad). Esto realza la importancia de la realización de adecuadas tareas de mantenimiento y reemplazo de viejas tuberías corroídas (Denig-Chakroff, 2008).

- Regeneración y reutilización del agua. Si bien existen tecnologías no convencionales (por ejemplo, lagunas o biofiltros) que consumen muy poca energía, el tratamiento con lodos activados tiene un fuerte impacto energético. Debe evitarse la infiltración de las aguas subterráneas y el agua de lluvia al sistema de alcantarillado, ya que esto aumenta el flujo y la carga en las plantas de tratamiento, exigiendo al equipamiento. En el tratamiento primario, se retiran los sólidos y materiales flotantes en tanques de sedimentación, por lo que no se consume mucha energía. Algunas opciones para la reducción del consumo energético son retirar la mayor cantidad de desechos posibles allí, para disminuir el volumen para tratamiento secundario, reducir la cantidad de agua en el lodo de aguas residuales procesado, para descomprimir las necesidades de bombeo y disposición final, y utilizar sistemas de velocidad variable. El tratamiento secundario incluye la descomposición microbiológica de la materia orgánica por adición de oxígeno, por lo que consume mucha más energía que el tratamiento primario (un 70% del consumo total de la planta). Al hacer uso de dispositivos de aireación, como toberas, difusores o agitadores mecánicos, que proporcionan oxígeno a los microorganismos y mezclan el lodo de las aguas residuales, se consumen grandes cantidades de energía. El ahorro energético puede lograrse mediante la instalación de sistemas de control de aireación, el uso de fosas de oxidación, la optimización del flujo de agua y la reducción del agua en lodo de aguas residuales a fin de disminuir los costos de la disposición final de los desechos. La digestión anaeróbica para el procesamiento del lodo de aguas residuales produce metano ( $\text{CH}_4$ ), que puede utilizarse como una fuente de combustible. El agua residual tratada tiene una variedad de aplicaciones (como la recarga de acuíferos, suministro para procesos industriales, riego de algunos cultivos, jardines o parques, e incluso el aumento de la reserva de agua potable), para lo que debe cumplir con parámetros de calidad para evitar tanto problemas de salud pública como de contaminación de las fuentes.
- Auditorías energéticas. Para determinar el consumo energético de base, es importante emprender auditorías energéticas que permitan conocerlo exhaustivamente por proceso productivo. Esta tarea puede realizarla tanto el prestador de electricidad, como consultores técnicos especializados en la materia, y puede ser facilitada mediante el uso de programas computacionales. El paso siguiente es establecer indicadores y objetivos, como consumo eléctrico, costos en energía o emisiones de gases de efecto invernadero. Puede que algunas prácticas que favorezcan el cumplimiento de un indicador, empeoren otro. Es deseable la existencia de un plan de reducción de consumo de electricidad que incluya un cronograma y que priorice las diferentes mejoras posibles, contemplando un análisis económico de los costos

---

generadores y modernización de las tecnologías (Denig-Chakroff, 2008); iii) modernizar equipos (motores de alta eficiencia, motores con sistema de velocidad variable, impulsores, tuberías con menos fricción y revestimientos, válvulas y capacitores) suele traer aparejada mayor eficiencia energética; iv) hacer coincidir las necesidades reales de velocidad de flujo y presión requeridos por el sistema, con las características de la bomba y el motor, y todo ello al costo económicamente más conveniente; v) otorgar cierto grado de flexibilidad al sistema, lo que se puede lograr mediante el almacenamiento por gravedad, la instalación de variadores de frecuencia para aprovechar las cargas variables, etc.; y vi) ayudar a reducir el uso de energía mediante sistemas computarizados de control, monitoreando la eficiencia de las bombas, manejando su operación, desplazando las cargas en horas valle y controlando los sistemas de variación de frecuencia de las bombas. Como a diferencia de la electricidad, el agua sí se puede almacenar, es aconsejable que las tareas de bombeo y tratamiento se traten de realizar en los períodos de menor consumo eléctrico (fuera de la demanda punta). El consumo energético de las bombas es muy elevado, y puesto que el precio de la energía tiene puntas y valles en función de la demanda, si se logra sincronizar los períodos de bombeo con las tarifas valle de la energía, puede conseguirse una baja de costos. Si la empresa proyecta cuál será su demanda de energía, podrá comprar de forma anticipada obteniendo mejores precios que si lo hace directamente en el mercado spot.

y beneficios asociados. Todo plan de reducción de la intensidad energética concluye en el monitoreo de indicadores y ajuste de objetivos para evaluar el desempeño (Denig-Chakroff, 2008).

En base al análisis de 119 casos en Alemania, Australia, Bélgica, Estados Unidos, Francia, Holanda, Reino Unido, Singapur y Sudáfrica, el potencial de ganancias de eficiencia se estima realísticamente entre 5 y 15% (Brandt, Middleton y Wang, 2012). Para los prestadores que recién empiezan este camino, estos ahorros son factibles —y presumiblemente mucho mayores en países en vías de desarrollo, con servicios deficientemente mantenidos y altos niveles de pérdidas—, mientras que para las empresas que desde hace un tiempo han estado implementando medidas tendientes al desarrollo de eficiencia energética, están más cerca del óptimo y por consiguiente la posibilidad de generar ganancias de eficiencia adicionales se reduce. El ahorro de energía en bombeo varía ampliamente dependiendo de las condiciones locales. Los ahorros más grandes se darían principalmente debido a la mejora del mantenimiento en general y de activos específicos. Los aumentos de la eficiencia energética por incorporación de nuevas tecnologías de bombeo serían reducidos en vista de que la tecnología utilizada por estos prestadores ya es generalmente madura.

## 2. Optimización desde el lado de la demanda

Las políticas orientadas a incrementar la eficiencia energética respecto del uso final del agua están principalmente vinculadas a reducir el consumo de agua, incluyendo las pérdidas, ya que la disminución de la cantidad demandada produce un efecto importante en el ahorro de energía en el proceso de producción, en la etapa de uso y en la recolección y tratamiento de las aguas residuales.

Desde el lado de la demanda, los usuarios pueden reducir su consumo por varias vías que incluyen la provisión de incentivos (de diverso tipo) o la adopción de estándares mínimos (por ejemplo, para nuevas construcciones). Las opciones incluyen:

- Dispositivos de mayor eficiencia hídrica y energética. Instalación de equipos como lavarropas de eje horizontal (que utilizan hasta un 40% menos de agua que los de carga superior), cabezales de bajo flujo para duchas (usan menos de 9,5 litros por minuto mientras que los comunes utilizan de 17 a 30), aireadores de grifos (permiten que fluya menos agua), sanitarios de descarga ultra baja (que requieren solamente 3 litros por descarga mientras los típicos usan entre 19 y 26) y diques para sanitarios u otros dispositivos para desplazamiento de agua<sup>8</sup> (ahorran alrededor de 10% de agua). Cabe destacar que la implementación de estos artículos de bajo consumo no altera sustancialmente la calidad de servicio<sup>9</sup>.
- Mejoras asociadas a la vivienda. Desarrollo de sistemas alternativos de agua que permitan la sustitución de agua potable por agua de otras fuentes según el nivel de calidad requerido para cada propósito (por ejemplo, agua de lluvia, aguas grises o extracción directa del acuífero) (Retamal y otros, 2008).
- Restricciones en el consumo. Aplicar restricciones voluntarias u obligatorias sobre el consumo de agua, lo cual incluye normas sobre electrodomésticos y aparatos de plomería. Con mayor alcance, reglamentaciones sobre estándares mínimos de las instalaciones internas y de los aparatos sanitarios para la construcción de viviendas, de establecimientos industriales, comerciales y de servicios en general.
- Buenos hábitos. Ejemplos de buenas prácticas vinculadas a la higiene personal pueden ser reemplazar baños de inmersión por duchas, reducir el tiempo de ducha<sup>10</sup>, reducir la temperatura del agua caliente; en cuanto a los electrodomésticos, la consideración de las características de eficiencia al momento de la compra de nuevos artefactos, el uso de

<sup>8</sup> Son dispositivos que bloquean parte del tanque de manera tal que se necesite menos agua para llenarlo después de cada descarga.

<sup>9</sup> Se estima que en California el consumo del agua urbana podría reducirse en un 30% al implementar tecnologías más eficientes disponibles en el mercado y que han demostrado ser económicamente rentables (McMahon, Whitehead y Biermayer, 2006).

<sup>10</sup> En el Reino Unido, en una vivienda con medidor y donde residen cuatro personas, si cada una reduce en un minuto el tiempo de ducha, el ahorro energético se vería reflejado anualmente en una disminución de 60 libras esterlinas (casi 100 dólares) en la factura de energía y otro tanto en la factura de agua (Energy Saving Trust, 2013).

lavarropas y lavavajilla sólo con cargas completas y no superar los 30°C; y otros como hervir sólo la cantidad de agua que se va a consumir<sup>11</sup>, cerrar la canilla al lavar los platos o lavarse los dientes, y elegir especies nativas de plantas para la ornamentación de jardines que pueden sobrevivir con la lluvia y condiciones climáticas específicas del lugar (paisajismo xeriscape en ambientes áridos; es decir, aquello que en cierto modo no requiere de riegos suplementarios).

- Conciencia ambiental. La medición de los consumos y la difusión de información sobre el impacto ambiental respecto de los recursos hídricos y energéticos, y la consecuente emisión de dióxido de carbono pueden facilitar la toma de conciencia sobre erradicación de malos hábitos y la difusión de prácticas de uso eficiente del agua.

Mientras que en el sector comercial las medidas para alcanzar mejoras energéticas son similares a las del abastecimiento residencial, las políticas de conservación de agua y energía comúnmente implementadas en los usuarios industriales radican en modificaciones en los procesos que utilizan agua, reemplazo de maquinaria y cambios en la ubicación de los equipos (Cohen, Nelson y Wolff, 2004).

Sin embargo, todas las consideraciones anteriores implican mejoras potenciales, debiendo instrumentarse incentivos (premios y penalidades) para que a los usuarios les convenga adoptarlas. Los instrumentos incluyen tarifas, impuestos, subsidios, descuentos y multas.

### 3. Optimización desde un enfoque sistémico del sector

A manera de resumen se presenta el cuadro 2, donde se recopilan algunas medidas que pueden ser adoptadas por el lado de la oferta, de la demanda, y aquellas que buscan sinergias entre los dos enfoques anteriores, a fin de garantizar mejores resultados en términos de ahorro y eficiencia energética.

**CUADRO 2**  
**IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS**

Medidas por el lado de la oferta	Medidas por el lado de la demanda	Enfoque comprehensivo (sinergias entre el lado de la demanda y el de la oferta)
Reducción de fugas y control de pérdidas	Equipamientos hogareños eficientes	Dimensionamiento correcto de sistemas de bombeo
Reparaciones y mantenimiento de cañerías	Inodoros de bajo flujo	luego de lograr reducciones en el consumo de parte de la demanda
Sistemas de bombeo de agua potable y de aguas residuales	Duchas de bajo flujo	
Tratamiento de las aguas residuales y disposición de lodos	Reutilización industrial del agua	Reducción de producción de aguas residuales y promoción de la reutilización
	Control de pérdidas y de despilfarro	Generación de energía renovable (biogás) <sup>a</sup>

Fuente: Elaboración propia en base a Liu y otros (2012).

<sup>a</sup> Esto es factible económicamente sólo en sistemas de tratamiento muy grandes.

Todas estas herramientas son útiles para la mejora de la eficiencia energética en los servicios de agua potable y alcantarillado pero requieren ser articuladas si se pretende encarar una política o programa de eficiencia energética en el sector (concepto “*watergy*”). Desde una visión integral del sector, deben considerarse y potenciarse también las sinergias entre las medidas y acciones tendientes a la conservación y a la eficiencia de agua y energía, y entre las medidas aplicables en la prestación del servicio con aquellas a implementar por los usuarios finales. También resulta de interés evaluar posibles asociaciones con el sector energético y acciones de ordenamiento territorial.

Por su interpretación sistémica de la problemática analizada resulta de interés el enfoque evitar, cambiar y mejorar (véase la página 9). Las medidas tendientes a la optimización de la eficiencia

<sup>11</sup> En el Reino Unido, el costo asociado al exceso de agua hervida y no consumida es de casi 110 millones de dólares por año (Energy Saving Trust, 2013).

energética desde el lado de la oferta pueden ser asociadas a la categoría “mejorar”, y aquellas vinculadas al lado de la demanda se incluyen predominantemente en la categoría “cambiar”. En cuanto a las políticas de la categoría “evitar”, éstas tienen por objetivo aumentar la eficiencia general del sistema para lo cual se buscan sinergias entre la demanda y la oferta, como así también con otros sectores. Una manera es lograr reducir el consumo de agua potable y posterior recolección y tratamiento de aguas servidas<sup>12</sup> con su consecuente ahorro de energía. También puede estar dado por un mejor aprovechamiento del tratamiento de las aguas residuales al aumentar la generación de energía renovable (biogás), lo que sólo sería factible sólo en plantas más grandes. Asimismo, contribuye a la eficiencia general el adecuado dimensionamiento de las plantas de potabilización, sistemas de bombeo y plantas de tratamiento producto de una correcta estimación de la demanda futura luego de la implementación de políticas de uso racional del agua; como así también políticas de planificación urbana que favorezcan la densificación o normas de construcción que incentiven la recolección de agua pluvial o la reutilización de aguas grises, por ejemplo para riego.

En este sentido resulta una alternativa interesante el estudio de la factibilidad de aplicación del sistema de redes inteligentes (“*smart grids*”). Esto ofrece nuevas posibilidades para avanzar en el uso eficiente y racional de la energía y del agua en forma conjunta, con fuertes impactos en la protección de los recursos naturales y en la preservación del medio ambiente. El concepto de redes inteligentes es empleado en el sector eléctrico para referirse a un sistema de gestión que permite incorporar tecnologías digitales de avanzada que hacen posible la transmisión de datos de oferta y demanda en tiempo real. Esto facilita la coordinación de las necesidades y capacidades de todos los actores del sistema, y permite operar de forma más eficiente, minimizando los costos y el impacto ambiental, mientras también se maximiza la confiabilidad, resistencia y estabilidad del sistema (De Nigris y Coviello, 2012).

El funcionamiento de las redes inteligentes se centra en la capacidad de transmisión de información en forma bidireccional (de prestador a usuario y viceversa), en tiempo real, para lo cual se requiere que los usuarios cuenten con medidores inteligentes (“*smart meters*”) instalados, los cuales tienen inclusive el potencial de desagregar la información de consumo por artefacto de uso final (ducha, inodoro, lavarropas, etc.). Esta mayor cantidad y precisión en los datos de consumos y en tiempo real (o casi) permite una radiografía completa de la demanda: cuánto (volumen consumido), dónde (información georeferenciada) y cuándo (franjas horarias y estacionales punta y valle).

La instalación de sensores de alta tecnología de manera conjunta con este mejor conocimiento de los patrones de consumo, permite al prestador una más precisa estimación de la demanda, otorgando la posibilidad de tomar medidas en función de la predicción de aquella (y no sólo reaccionar ante la misma), la automatización de gran parte de los procesos y una mejor gestión de la demanda (reducir las puntas) y de la red de manera integral. También reduce los errores y costos asociados a la lectura de medidores. Asimismo, las redes inteligentes proporcionan a los usuarios información útil para un mejor control del volumen consumido al instante (especialmente relevante en el caso de tarificación por bloque), la posibilidad de detectar fugas y optar por realizar acciones intensivas en agua (riego de jardines) en los momentos de menor demanda, al indicar el medidor la tarifa según la franja horaria del día.

Las redes y medidores inteligentes generan nuevas herramientas para el accionar del regulador al posibilitar: i) la implementación de una mayor segmentación de precios y determinar un “menú” de tarifas ya no sólo por el volumen consumido (bloques) sino también por franja horaria (punta y valle) y ubicación geográfica; ii) generar sistemas u opciones de prepago del servicio; iii) un mejor direccionamiento de los subsidios existentes y optimización de la aplicación de tarifas sociales; y iv) una gran oportunidad para concientizar e incentivar a los consumidores sobre el potencial de ahorro. Los mayores desafíos están vinculados a: i) los costos de implementación (se requiere un recambio de todos los medidores instalados por medidores inteligentes); ii) el impacto social (como la privacidad de la

<sup>12</sup> En algunas ocasiones pueden verse solapadas con medidas caracterizadas como de oferta o demanda. Por ejemplo, gracias a un programa de concientización ambiental (cambiar) disminuye el uso innecesario del agua y por lo tanto se reduce el volumen de producción, lo que genera mayor capacidad en el sistema postergando la necesidad de nuevas inversiones en instalaciones y equipos (evitar). A similar situación se llega a través de un programa de detección de pérdidas (mejorar), que se traduce en un menor consumo y producción de agua (evitar).



información); iii) opinión pública (existe cierta disconformidad por la aplicación de tarifas dinámicas); y iv) seguridad del sistema (la información de los medidores puede ser adulterada más fácilmente).

## C. Resultados de proyectos de eficiencia energética

Rosas Moya (2011) presenta los resultados de proyectos de eficiencia energética en 12 empresas de agua potable y alcantarillado en la región (véase el cuadro 3). Los resultados son en su mayoría provenientes de aplicar mejoras por el lado de la oferta; es decir, metodologías de carácter técnico y medidas destinadas a mejorar la gestión y el mantenimiento de los equipos en los prestadores. Se concluye que gran parte del equipo de bombeo y motores funciona con un bajo nivel de eficiencia electromecánica debido a una selección inadecuada de los mismos, falta de mantenimiento, ausencia de capacitación del personal y escasez de recursos económicos. Las medidas recomendadas incluyen la sustitución de bombas y motores, instalación de variadores de velocidad y mejoramiento del factor de potencia. En promedio, la recuperación de costos se concreta en menos de dos años. En algunas plantas se podría lograr una reducción de entre 5% y 15% del consumo de electricidad mediante la instalación de variadores de velocidad y motores de alta eficiencia, y algunas plantas de tratamiento de aguas servidas podrían reducir su consumo entre 10% y 20% si se modificaran sus equipos.

**CUADRO 3**  
**EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: CONSUMO Y AHORRO DE ENERGÍA**

Empresa	Habitantes servidos (miles)	Consumo de energía (MWh/año)	Ahorro de energía por	
			Sustitución de bombas (MWh/año)	Sustitución de motores (MWh/año)
Costa Rica (AyA)	2 100	135 300	5 340	2 710
Panamá (IDAAN)	2 200	249 000	14 890	1 340
Suriname (SWM)	287	15 000	2 460	490
El Salvador (ANDA)	2 298	508 000	19 040	90
Bahamas (WSC)	90	3 200	867	35
Jamaica (JWS)	1 775	202 000	1 173	369
Guyana (GWI)	<sup>a</sup>	30 000	530	135
Brasil (CAESB)	2 200	229 000	0	4 452
Nicaragua (ENACAL)	<sup>a</sup>	187 000	0	3 670
Barbados (BWA)	<sup>a</sup>	37 000	36	14
México (Lerdo)	129	6 000	1 523	57
México (Matamoros)	48	4 600	1 698	56
Total	10 031	2 119 100	47 557	13 418

Fuente: Rosas Moya (2011).

<sup>a</sup> Información no disponible.

Rosas Moya (2011) también analiza el impacto de cada tipo de inversión en la reducción de gastos de energía eléctrica y su período de recuperación. El mayor ahorro se obtuvo mediante la sustitución de bombas (53% del total), seguido del reemplazo de motores (16%), el mantenimiento (11%) y la instalación de variadores de velocidad (4%). La inversión en sustitución de bombas resulta la medida cuya inversión se recupera más rápidamente. Entre las inversiones de mayor monto, las medidas de mayor impacto y más rápida recuperación son el mantenimiento y los variadores de electricidad, mientras que las erogaciones para reemplazar los motores necesitan cerca de cuatro años para su recuperación.

El consumo de energía por los prestadores analizados, era de 2 millones de megavatios-hora (MWh) al año. Los proyectos permitirían ahorrar en conjunto 61.000 MWh/año, casi un 3% del total, por sustitución de bombas y motores (véase el cuadro 4). Con una inversión de 32 millones de dólares se conseguirían ahorros por 20 millones por año. Los totales encubren valores muy importantes de ahorro de energía en algunos proyectos puntuales, como el de México (Matamoros) con un 38% de reducción, el de Bahamas (WSC) con 28%, el de México (Lerdo) con 26% o el de Surinam (SWN) con 19%.

Destacan también con valores muy importantes en Panamá (IDAAN) con un 7% y Costa Rica (AyA) con casi 6%. El ahorro energético tiene consecuencias en términos de reducción de emisiones de dióxido de carbono. Con los doce proyectos se pueden reducir un total de 23.400 toneladas al año.

**CUADRO 4**  
**EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA: INVERSIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA**

Empresa	Ahorro de energía (porcentaje)	Inversión		Reducción anual de costos	Recuperación (años)
		(miles de dólares)			
Costa Rica (AyA)	5,95	2 455	1 200		2,05
Panamá (IDAAN)	6,52	4 406	3 537		1,25
Suriname (SWM)	19,67	208	76		2,75
El Salvador (ANDA)	3,77	1 355	1 604		0,84
Bahamas (WSC)	28,19	<sup>a</sup>	3 889		<sup>a</sup>
Jamaica (JWS)	0,76	1 280	941		1,36
Guyana (GWI)	2,22	168	273		0,62
Brasil (CAESB)	2,22	19 055	5 812		3,27
Nicaragua (ENACAL)	1,96	2 318	1 948		1,19
Barbados (BWA)	0,14	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>		<sup>a</sup>
México (Lerdo)	26,33	180	186		0,97
México (Matamoros)	38,13	87	189		0,46
Total	2,88	31 512	19 655		1,60

Fuente: Rosas Moya (2011).

<sup>a</sup> Información no disponible.

En el cuadro 5 se analizan los proyectos desde un ángulo diferente. En lugar de listar por países lo hace por medida correctiva. Los totales de reducción de costos e inversión aumentan ligeramente al incluirse dos pequeños proyectos (uno en el Perú y otro en El Salvador por un total 240 mil dólares por año de reducciones de costos y 545 mil dólares de inversión) más al listado anteriormente presentado.

Aunque el trabajo reseñado está orientado a la oferta, da pistas importantes para analizar los ahorros que se podrían lograr por el lado de la demanda. Los niveles de dotación son muy altos (el promedio de la muestra arroja 396 litros por persona por día con una desviación estándar de 162), habiendo lugar para la reducción de pérdidas y consumos tanto con instrumentos técnicos como de incentivos al ahorro. Se advierte también que los niveles de pérdidas en la red están en valores muy altos, siendo la moda estadística cercana a 45%. El mínimo valor supera el tercio de lo producido y el máximo valor llega casi a los dos tercios.

**CUADRO 5**  
**REDUCCIÓN DE COSTOS E INVERSIÓN POR TIPO DE MEDIDA**

Medida	Reducción de costos		Inversión	Recuperación (años)
	(miles de dólares al año)			
Sustitución de bombas	4 972	3 776		0,76
Sustitución de motores	2 176	8 605		3,95
Variadores de velocidad	1 581	3 209		2,03
Mantenimiento	1 419	1 793		1,26
Uso de biogás	1 044	4 605		4,41
Optimización del factor de potencia	481	784		1,63
Tarifas de la electricidad	451	407		0,90
Otros	7 770	8 875		1,14
Total	19 896	32 057		1,61

Fuente: Rosas Moya (2011).

### III. Eficiencia energética y regulación

---

Esta sección se ocupa de vincular la eficiencia energética con los objetivos de regulación económica de la prestación de los servicios. Posteriormente, se estudian las posibles relaciones de la meta de reducción de intensidad energética con la regulación de calidad y los objetivos medioambientales.

#### A. Eficiencia energética y objetivos de regulación económica

Desde la perspectiva económica, todos los actores (tanto consumidores como prestadores) evalúan los mayores costos iniciales de adquirir dispositivos más eficientes en términos energéticos contra los beneficios esperados (ahorros futuros). Inclusive, los productores de las nuevas tecnologías realizan una evaluación similar, donde la innovación en eficiencia energética responde a los beneficios esperados de su desarrollo (Jaffe, Newell y Stavins, 2004). La elección del nivel de eficiencia energética debe balancear el mayor costo inicial de los bienes de capital nuevos con menor uso de energía y los ahorros futuros de los mismos. El ahorro futuro es incierto y depende de las expectativas sobre los precios de la energía, los costos asociados a su utilización (por ejemplo, cargos o impuestos), la intensidad de uso, la vida útil del equipo, las necesidades de su mantenimiento y la velocidad del cambio tecnológico. El precio de la energía también influye en las decisiones de los consumidores<sup>13</sup>: mientras que aumentos de costos de corto plazo llevan a reducir el consumo energético, incrementos persistentes se traducen en mayores inversiones en la adopción de nuevos artefactos. Es decir, que la elasticidad precio (reacción de la cantidad consumida a aumentos de precio de la energía) de largo plazo es mayor (por renovación de equipos) a la de corto plazo (simple control de consumo) (Gillingham, Newell y Palmer, 2009).

Pero, existen diferentes motivos por los cuales el nivel de eficiencia energética puede no ser el óptimo o deseado pudiendo agrupar aquellos en fallas de mercado<sup>14</sup> y barreras de mercado (Jaffe, Newell y Stavins, 2004). Entre las primeras se cuentan:

---

<sup>13</sup> Tarifas subsidiadas de la electricidad dan pobres señales a la conservación y a la eficiencia.

<sup>14</sup> Comprenden los bienes públicos, las externalidades tecnológicas, las asimetrías informativas y la presencia de procesos productivos con rendimientos crecientes a escala.

- Información indisponible, cara, de difícil interpretación o de mala calidad. Hay varios posibles problemas informativos:
  - Ausencia o inadecuada información respecto del funcionamiento de los equipos o artefactos y el gasto de operación y consumo de cada uno. Esto también explicaría la falla en la conducta cuando el usuario no maximiza el ahorro (porque no sabe que existe ese potencial). La información sobre el ahorro energético es un bien público por lo que puede ser no provisto en cantidades suficientes.
  - Selección adversa: los vendedores de tecnologías eficientes no pueden transmitir eficazmente esa información (si la eficiencia energética no es un atributo valorado en el producto, se demandarían dispositivos ineficientes).
  - Problema principal-agente: quien toma la decisión respecto del dimensionamiento o la compra de los equipos (agente), no es quien enfrenta los gastos de consumo (principal)<sup>15</sup>.
- Externalidades ambientales. El sector privado, cuando hace su evaluación no contempla los costos sociales del uso de la energía. Si no se incorporan estos costos, el nivel de eficiencia energética es subóptimo (es decir, el consumo de energía es excesivo).
- Externalidades en la innovación. La innovación y adopción de tecnologías más eficientes en términos energéticos presentan externalidades positivas en la industria y sociedad, conocidas como derrame tecnológico. Como lleva tiempo a los usuarios potenciales aprender, probar y adaptarse a las nuevas tecnologías, un mecanismo importante suele ser aprender observando al otro. Por lo tanto, cada individuo que adquiere una nueva tecnología está “enseñando” a otros (Gillingham, Newell y Palmer, 2009). Los errores (costos) son privados y los aciertos (beneficios) públicos.
- Fallas en la oferta de energía. En general, los precios de la energía están subsidiados, al definirse sobre la base del costo promedio en lugar del costo incremental de producción. El ahorro (social) de no abastecer una unidad de energía adicional (que incluye la construcción de capacidad adicional) es mucho mayor que el ahorro (individual) de aquél que tomó una decisión de conservación y redujo su consumo. Los subsidios llevan a un exceso de consumo en relación al óptimo social y consecuentemente a una sub-inversión (en alternativas sustentables) y sub-conservación del recurso agotable. Otros sistemas tarifarios y de medición, tales como tarificación en tiempo real, podrían reducir los efectos anteriores, aunque son mecanismos costosos de implementar (Gillingham, Newell y Palmer, 2009).
- Externalidades en investigación y desarrollo. Cuando la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías ahorradoras de energía no pueden ser apropiadas por quien los realizó, no hay incentivos a invertir en aquellas en búsqueda de eficiencia energética.
- Restricción de liquidez. Implica la dificultad para financiar los cambios de equipos e instalaciones que reduzcan la utilización de energía por unidad de producto.

La intervención gubernamental puede incluir aspectos tales como: i) diseminación de información y etiquetado; ii) estándares (prescriptivos y de desempeño) y regulación para influenciar el comportamiento (aquél suele requerir acciones de monitoreo, seguimiento y control de cumplimiento); y iii) mecanismos financieros y fiscales (subsidios, alivios impositivos, mecanismos favorables de depreciación, préstamos, etc.) (Bhattacharyya, 2011).

Las barreras de mercado funcionan como desincentivos a la adopción de nuevos bienes durables que usen menos energía que los ya disponibles y no constituyen en sí mismas fallas de mercado (Gillingham, Newell y Palmer, 2009). Aquí se incluyen:

<sup>15</sup> Un ejemplo de esta conducta corresponde a la adopción de dispositivos de bajo consumo: en el caso de un inmueble rentado, el dueño no tiene mayores incentivos a invertir en ellos, si es el inquilino quien paga el consumo.

- Atractivo de la opción de espera ante decisiones irreversibles. La decisión de incorporar mayor eficiencia energética es actual e irreversible, mientras que los beneficios son futuros e inciertos, por lo que la opción de espera (postergar los cambios) es atractiva. Este efecto se ve potenciado cuando el precio de la energía se espera que suba y el costo de las nuevas tecnologías tienda a reducirse.
- Heterogeneidad de los usuarios de energía. Niveles de ahorro que decepcionan a algunos de ellos por ser menores a lo esperado, restan interés al cambio. Las tecnologías pueden ser costo-eficientes para el promedio de los individuos, pero existe heterogeneidad entre los mismos. Por lo tanto, una determinada tecnología puede no ser económicamente conveniente para todos aquellos que la adopten (por ejemplo, si hacen poco uso del producto).
- Tasa de descuento. Hay una amplia discusión sobre cuál es la tasa de descuento apropiada para evaluar los ahorros de energía. Los consumidores tienen una tasa implícita de descuento privada muy alta (castigan relativamente los ahorros futuros frente a las inversiones necesarias para aumentar la eficiencia energética). También se debate sobre cuál es la tasa social de descuento aplicable (que surge de modificar la tasa de descuento privada para incluir externalidades informativas y ambientales). La autoridad responsable, puede corregir dicha percepción con eventuales subsidios de la diferencia entre la tasa social y la privada. Cuando la empresa es de propiedad pública o estatal, la decisión de invertir en proyectos de ahorro energético debe tomarse sobre la base de la tasa de descuento social que considere los beneficios derivados de la conservación de recursos y la preservación del medio ambiente, criterio que también debería aplicarse a los fondos públicos que eventualmente se transfieran a la empresa como subsidio para financiar inversiones y acciones para incrementar la eficiencia energética de la prestación.
- Fallas en la conducta. Aspectos psicológicos y sociológicos se interponen en la toma de decisiones económicas, que pueden terminar no siendo totalmente racionales desde un punto de vista de optimización económica.

Cuando se revierte alguna falla de mercado o de conducta, se logran simultáneamente objetivos de eficiencia energética (reducir las unidades demandadas de energía por unidad de producto) y económica (al ajustar la asignación de recursos en la dirección que dan las señales de escasez).

Hacer frente a las fallas y a las barreras de mercado implica resolver un conjunto de interrogantes: ¿Quién financia las inversiones y mejoras en eficiencia energética? ¿Qué nivel de gasto se efectúa en eficiencia energética? ¿Cómo se distribuyen los beneficios entre los distintos actores? ¿Cómo impacta en la factura de los usuarios? ¿Cómo se logra que los fondos sean adecuadamente invertidos para cumplir la meta? ¿Cuáles son los posibles mecanismos de financiamiento de las inversiones? ¿Qué efectos tiene lo anterior sobre la equidad social? ¿Cómo se distribuyen los costos y beneficios? De aquí que resulta de interés analizar cómo es la relación y cuál es el impacto con los objetivos de regulación económica: la sostenibilidad, la eficiencia y la equidad de la prestación (Ferro y Lentini, 2013).

La sostenibilidad de la prestación está asociada a la suficiencia de recursos para cubrir los ítems de costos. Los niveles básicos de suficiencia atenderán exclusivamente los costos operativos (o inclusive sólo una fracción de los mismos), mientras que niveles más exigentes de cobertura financiera implicarán hacer frente al mantenimiento más reposición de la infraestructura, su desarrollo en el tiempo, la reducción de brechas de cobertura, las mejoras de la calidad de los servicios y el servicio de la deuda por obras ya ejecutadas. En este aspecto, es importante tener en cuenta que un programa de eficiencia energética actúa tanto sobre la oferta como sobre la demanda y por consiguiente puede afectar tanto los ingresos como los costos y las inversiones del prestador. En términos generales, las medidas de optimización energética desde el lado de la oferta implican una inversión por parte del prestador. Por ejemplo, si al realizar una auditoría de eficiencia energética, se decide reemplazar bombas ineficientes o

implementar un programa de control de pérdidas<sup>16</sup>. Ante esta situación, en el corto plazo podría verse reducido el nivel de sostenibilidad, mientras que en el largo plazo aumentaría con respecto a la situación inicial, considerando que la disminución de los costos producto del ahorro de energía superase la inversión realizada (es decir, fuera costo-eficiente). En cambio, al llevar adelante políticas que estimulasen un uso más racional del agua por parte de los usuarios, disminuiría la cantidad de agua producida (ahorro parcial de costos) pero también se vería reducido el volumen de ventas del prestador, afectando así la facturación de la empresa y su sostenibilidad financiera, requiriendo adecuaciones tarifarias en consecuencia.

El objetivo de eficiencia incluye tanto la eficiencia productiva que requiere ir a niveles de costos eficientes mínimos, con arreglo a algún criterio de comparación (minimización de costos), en tanto la eficiencia asignativa orienta las elecciones tecnológicas en función del costo relativo de los insumos a que está atada cada elección técnica (adecuación a señales de escasez relativa de recursos). Si las señales de escasez dictan que la energía se ha tornado relativamente cara, habrá movimientos en dirección al ahorro energético.

Por último, el objetivo de equidad busca alcanzar la universalización de estos servicios y luego, una vez ya conectados los usuarios, asegurar que las tarifas estén en línea con la capacidad de pago en el caso de los estratos más pobres. La equidad puede ser planteada a través de múltiples aristas, como por ejemplo: horizontal (trato igual a los iguales), vertical (trato diferente a los desiguales; es decir redistribución desde los más favorecidos hacia los de menores recursos), jurisdiccional (igual trato entre distintas jurisdicciones) e intergeneracional (igual trato entre las generaciones presentes y futuras).

Los programas de eficiencia energética benefician la equidad en su conjunto. A igual nivel de facturación, la disminución de los costos vinculados a la energía genera fondos disponibles que pueden ser destinados a incrementar la accesibilidad del servicio ya sea en términos de conexión como de consumo. Asimismo, un plan de medición, no sólo reduce el consumo de agua potable y genera un ahorro de energía, sino que además favorece la equidad horizontal, al permitir que las tarifas sean proporcionales al volumen de agua consumido y que por lo tanto usuarios con un mismo nivel de consumo paguen igual monto por el servicio. Imputaciones de consumo o tarifarios catastrales pueden ser horizontalmente muy inequitativos.

En resumen, se puede afirmar que la implementación de un programa de eficiencia energética impacta positivamente en los objetivos sustanciales de la regulación económica. El ahorro energético puede traducirse en una importante reducción de costos, que permite aumentar la eficiencia económica de la prestación y simultáneamente liberar recursos destinados a la expansión de los servicios y a subsidiar a los usuarios de menores recursos. Con relación a la sostenibilidad del servicio, si bien a priori es indefinido el sentido del impacto, la adopción de medidas de eficiencia y conservación energética puras (entendiendo que no son consecuentes de un menor consumo de agua) mejora el nivel de sostenibilidad de la empresa. Los objetivos de eficiencia y equidad se pueden alcanzar con esquemas tarifarios y de subsidios adecuados.

## **B. Eficiencia energética, calidad del servicio y metas ambientales**

De forma complementaria a la regulación tarifaria, la política sectorial también integra objetivos de calidad de los servicios y metas ambientales<sup>17</sup>, los cuales se establecen en términos físicos y suelen tener un correlato económico, ya que generalmente implican mayores erogaciones de costos. La determinación de estos requisitos técnicos no necesariamente responde a una evaluación económica (en términos de análisis costo-beneficio) sino que el cumplimiento de estas metas de calidad del servicio y ambientales a veces se fundamenta en otras disciplinas y valores (salud pública, reducción de la contaminación, etc.).

<sup>16</sup> El control de las pérdidas técnicas cuando el ANC se estaba cobrando a los usuarios (lo que ocurre en algunos casos), potencia la reducción de facturación. El control de clandestinos, en tanto, opera en el sentido contrario.

<sup>17</sup> A nivel institucional, no necesariamente todas estas funciones de regulación se encuentran centralizadas en un único actor.

La regulación de la calidad del servicio de agua potable se centra principalmente en fijar y controlar las metas exigidas en los parámetros organolépticos (color, sabor y olor), químicos y biológicos del agua que se entrega en los inmuebles de los usuarios y la continuidad del suministro (que implica preservar el caudal y la presión en las redes y conexiones domiciliarias). En el servicio de alcantarillado, interesa la capacidad de recolección, transporte, tratamiento y disposición de las aguas servidas y lodos.

El nivel de los parámetros de calidad de agua mínimos exigidos por la regulación, determinan el consumo energético en la etapa de potabilización de forma conjunta con otros factores, como el volumen, fuente y calidad del agua cruda extraída y los métodos utilizados para eliminar las bacterias y otros contaminantes. Por ejemplo, algunas técnicas de tratamiento modernas y seguras para la salud, como la ozonización o radiación ultravioleta, tienen mayores exigencias energéticas. Otro caso está dado por el agua superficial que, al estar más expuesta a contaminantes que las aguas subterráneas, requiere de más tratamiento para alcanzar los parámetros de calidad exigidos, y en consecuencia normalmente demanda más energía. La continuidad del servicio y un adecuado nivel de presión en la red exigen mayores requerimientos de bombeo, que es la tarea de mayor intensidad energética en el abastecimiento de agua potable, lo cual incrementa el consumo de energía total.

En cuanto al consumo de energía en alcantarillado y tratamiento de aguas servidas, éste varía mucho, dependiendo principalmente del bombeo, del tipo de tratamiento y las tecnologías utilizadas, que suelen ser dictadas por necesidades de control de la contaminación y la disponibilidad de tierras. Por ejemplo, el tratamiento avanzado de aguas residuales con la reducción de nutrientes puede utilizar más de dos veces la energía que el tratamiento relativamente simple de filtro percolador. El tratamiento basado en lagunas usa relativamente poca energía, pero requiere una gran extensión de terreno.

Se observa que los estándares de calidad, sabor y aspecto del agua potable son cada vez más exigentes con el transcurso de los años, implicando la adopción de nuevas tecnologías que muchas veces tienen un mayor consumo energético. También, la regulación ambiental, especialmente en países desarrollados, exige niveles de tratamiento de aguas residuales cada vez mayores, lo que incrementa la demanda energética del sector. Al mismo tiempo, el proceso de tratamiento se caracteriza por importantes economías de escala: sistemas más grandes normalmente son más eficientes energéticamente. Un mayor nivel de tratamiento también puede permitir producir biogás y así disminuir el requerimiento energético neto del sector (Hardy y Garrido, 2012). Sin embargo, esta opción suele ser económicamente viable sólo en ciudades más grandes.

Esto plantea un dilema respecto de cuál es el nivel de calidad de los servicios y ambiental buscados<sup>18</sup>. Ambas cosas son deseables: por un lado, un alto nivel de tratamiento terciario (por ejemplo, con remoción de nutrientes) a fin de reducir la contaminación de los recursos hídricos, como así también minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, cabría considerar que en un futuro también se incluyan metas vinculadas al nivel de eficiencia energética sujetas a la regulación y control, de forma semejante a como fueron incorporados en el pasado parámetros sobre la calidad del agua y tratamiento de aguas servidas. La fijación de estándares de eficiencia energética como metas de regulación puede ser recomendable aunque, es un proceso complejo que implica considerar los siguientes aspectos:

- Selección de indicadores de desempeño. Estos podrían variar para cada país dependiendo del nivel de cobertura de los servicios, la disponibilidad de recursos hídricos y energéticos o los objetivos de su política ambiental. Por ejemplo, países con alto estrés hídrico podrían seleccionar indicadores vinculados a la eficiencia o conservación hídrica (con su correlato en energía), mientras que países que busquen cumplir con el Protocolo de Kioto pueden centrar su atención en las emisiones de gases de efecto invernadero.

<sup>18</sup> Esta decisión puede variar según el nivel de jurisdicción: los beneficios de una mayor calidad de agua se concentran principalmente en el ámbito local (cada cuenca), mientras que las consecuencias de la emisión de gases de efecto invernadero son de escala global.

- Determinación del nivel inicial y deseado de estos parámetros. Es recomendable la realización de estudios preliminares y específicos para cada empresa para que las metas sean factibles de cumplir y debido a la dificultad de adoptar referencias internacionales, a causa de las particularidades de cada ciudad o área de servicio. Asimismo, una dificultad adicional radica en que deberían ser establecidas por período de tiempo y adaptadas ante cambios de normativa (nuevas exigencias de calidad) o incluso por el cumplimiento de objetivos de expansión (la mayor extensión de la red de distribución puede aumentar la intensidad energética por metro cúbico debido a la mayor necesidad de bombeo).
- Mecanismos de control. Otro aspecto a resolver es el diseño de un mecanismo adecuado que permita al regulador evaluar adecuadamente los ahorros de energía (o eventualmente agua o carbono) alcanzados.

Otro enfoque factible desde la regulación ambiental es plantear objetivos orientados a los conceptos de “brecha de eficiencia” o “balance energético sostenible en la prestación”. Esta alternativa a la fijación de metas cuantitativas de eficiencia energética a priori, se presenta como de más fácil implementación, ya que se basa en incentivos o recomendaciones de acciones. Por buscar reducir la “brecha de eficiencia” se entiende inducir la adopción de toda medida de eficiencia energética que también lo sea en términos de eficiencia económica (es decir, que sea costo-efectiva), mientras que metas enfocadas en un “balance energético sostenible” buscarán la neutralidad en el impacto ambiental, concediendo así la posibilidad de reducir el consumo mediante eficiencia energética o cambios en el comportamiento de los usuarios, o bien aumentar la oferta de energía de fuentes renovables. En este sentido pareciera orientarse el OFWAT, el regulador de los servicios de agua potable y alcantarillado de Inglaterra y Gales, al apoyar la investigación de generación de energía de fuentes renovables y su adopción en el proceso de prestación, como forma de reducir la huella de carbono del sector.

Ahora bien, ante la relevancia de los consumos energéticos (y emisiones de gases de efecto invernadero asociadas) por parte de los usuarios finales, en el marco de una política ambiental podrían plantearse metas asociadas a la huella energética y la huella del carbono del sector de agua potable y alcantarillado en su conjunto. En este caso, el regulador podría colaborar con actores de otros sectores (energía, desarrollo urbano, etc.) a fin de incentivar la adopción de medidas de eficiencia y conservación energética, aunque podría exceder a sus funciones verificar el cumplimiento de estas metas.

El impacto ambiental resulta de suma importancia en términos de equidad. Dado que la producción y consumo de energía implica la emisión de gases de efecto invernadero que recrudecen los efectos del cambio climático (nexo agua-energía-cambio climático), una política de eficiencia energética ayudará a mitigar el impacto ambiental causado por los servicios de agua potable y alcantarillado al disminuir en términos absolutos la cantidad de recursos hídricos y energéticos utilizados, y beneficiando así a las generaciones futuras.



## **IV. Eficiencia energética e información regulatoria**

---

Esta sección, primero compila, discute y propone indicadores para que los reguladores se provean de información relevante referida a la eficiencia energética. En segundo lugar, se examinan prácticas y se sugiere una síntesis de mecanismos aplicables para comparar desempeños (“*benchmarking*”) en materia de eficiencia energética.

### **A. Información para la regulación de la eficiencia energética**

La información es un requisito indispensable para una regulación eficaz en la medida que esta última se considera un juego estratégico en que el agente (regulado) busca lograr sus propios objetivos, mientras que el principal (regulador) trata de inducirlo a actuar en función (de la optimización) del bienestar general. Sin embargo, el principal se ve limitado por la falta de información sobre el agente y sobre las circunstancias que lo rodean y no puede observar su conducta con precisión (Jouravlev, 2003). Es decir, hay un problema de acción oculta: el regulado conoce más que el regulador (sus esfuerzos por reducir los costos). Hay problemas de información asimétrica adicionales, conocidos como de selección adversa (condiciones de mercado y tecnología).

Debido a la existencia de la asimetría de la información, el regulador se ve forzado a enfocarse, principalmente, en aspectos de las conductas de las empresas reguladas que puede observar y medir con cierta facilidad. Es decir que sin ser visibles las acciones, las mismas se pueden monitorear (o auditar), de manera aproximada, a partir de los resultados. La calidad de la información sobre éstos es un condicionante del accionar del regulador: debe ser precisa, no fácilmente manipulable por el regulado, disponible de manera expedita para la toma de decisiones, etc. Por lo tanto, para que el regulador pueda cumplir sus funciones de forma efectiva, depende de la calidad de la información que puede obtener de las empresas reguladas y todo otro dato relacionado proveniente de fuentes secundarias e incluso usuarios u otros interesados (asociaciones de consumidores, comercios, centros de estudio, etc.).

Para dicha finalidad, resulta necesario que previo a la solicitud o recopilación de información, el regulador realice una programación, estableciendo claramente los objetivos y la metodología de captura y evaluando las dificultades de obtención de los datos requeridos. El paso siguiente consiste en definir de manera específica y clara los indicadores con sus respectivos formatos de presentación que se requerirán a las empresas reguladas y, si fuera el caso, a los usuarios y otros interesados. Para lograr efectividad en

la etapa de recolección de datos, resulta importante implementar incentivos para que las empresas suministren los datos requeridos de forma adecuada. Los procedimientos estarán plasmados en reglamentaciones *ad hoc*, incluyendo plazos, formatos, condiciones y sanciones a los incumplimientos.

Hay indicadores diversos desarrollados por estudiosos del sector y otros implementados por reguladores u organizaciones. Entre los primeros, Liu y otros (2012), van den Berg y Danilenko (2011), Cabrera y otros (2010), Lenzi y otros (2013), Bashnakov y otros (2008). Dentro de los segundos, se incluyen el OFWAT, la Comisión Nacional del Agua (*National Water Commission*, NWC) de Australia, Comisión Europea, la Asociación Internacional del Agua (*International Water Association*, IWA), la Red Internacional de Comparaciones para Empresas de Agua y Saneamiento (*International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities*, IBNET), la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA) y autoridades sectoriales de varios países de la región (Chile, Colombia, Perú, Brasil, etc.). En esta sección, primero se discuten en detalle esos aportes y luego se hace una propuesta de síntesis.

Teniendo en cuenta que la cantidad de energía consumida en los servicios está relacionada positivamente con el nivel de los mismos, se pueden considerar indicadores vinculados con la oferta del servicio (intensidad de uso, pérdidas de red) y con la demanda (consumo de agua por habitante, micro-medición). A continuación se detallan cada uno de los indicadores mencionados, explicitando sus alcances y limitaciones.

El indicador de intensidad de uso de la electricidad refiere a la cantidad de energía (medida en kWh) por unidad de agua entregada a los usuarios finales ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ ) o de kWh por unidad de agua residual recolectada o tratada ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ ) en el caso de alcantarillado (Liu y otros, 2012). En función de este indicador, un sistema de agua potable o alcantarillado es más eficiente cuanto menor sea la intensidad de uso energético. Si bien este indicador arroja información muy valiosa respecto del uso de energía que están realizando los sistemas de agua potable y alcantarillado, pocos reguladores cuentan con las estadísticas necesarias para producirlo; esto es, la cantidad de kWh consumidos en los servicios de agua (o alcantarillado) y la cantidad de metros cúbicos potabilizados y distribuidos (o colectados y conducidos para tratamiento o disposición final).

Respecto del numerador, los datos sobre consumos energéticos suelen no estar disponibles y se los sustituye por el gasto en energía que es un dato que en algunos casos se puede obtener directamente de los estados contables de la empresa. En este caso, existen dos potenciales problemas. El primero es que en las empresas que proveen agua potable y alcantarillado, el gasto en energía puede estar asociado a los dos servicios. Por lo tanto, la utilidad y precisión del indicador dependerá de la capacidad para prorratear el porcentaje de gasto en cada uno de los servicios. El segundo inconveniente es que si el esquema de tarificación de la energía no es lineal, entonces distintas intensidades de uso pueden ser el reflejo de diferentes precios por la energía y no de disímiles niveles de consumo. Esta situación es habitual en los servicios de energía donde se cobra un cargo fijo más uno variable (que a su vez puede ser uniforme, creciente, decreciente, de manera continua o en bloques). Esta correspondencia de gasto en energía por metro cúbico se hace aún más difícil en comparaciones internacionales, donde se agregan las correcciones de tipo de cambio para homogeneizar los valores.

La calidad de los datos contables de los prestadores, entre ellos los gastos de energía y todo otro vinculado con el análisis de la eficiencia energética, mejoran sustancialmente si las empresas llevan los registros contables sobre la base de un plan de cuentas uniforme en el marco de sistemas de contabilidad regulatoria o de costos. La mejora de la calidad de la información puede ser aún mayor si el sistema de contabilidad regulatoria está integrado con una base de datos técnicos que posibilite calcular indicadores que relacionen los valores monetarios de los costos con las unidades físicas correspondientes. Los sistemas de contabilidad regulatoria existentes en países de la región (como en el Área Metropolitana de Buenos Aires, Argentina, en los estados de Ceará y São Paulo, Brasil, en Chile, Colombia, Perú y Uruguay) y en otras partes (por ejemplo en Australia, EE.UU. e Inglaterra y Gales) se basan en planes de cuentas analíticos donde se exponen por separado los gastos de energía, especialmente la eléctrica, distribuidos por servicio (agua potable y alcantarillado) y dentro de cada uno de ellos por proceso

(captación, tratamiento, transporte y distribución o recolección) e incluso discriminado para las instalaciones más importantes (por ejemplo, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, etc.).

No toda el agua producida llega a los consumidores, sino que parte se pierde por cuestiones técnicas o comerciales. En este sentido, “pérdidas en la red” es otro indicador que refleja la eficiencia en el uso de la energía. Si bien no tiene por objetivo medir la cantidad de energía consumida, guarda una relación directa con ésta. A mayores pérdidas de red, más será la energía desperdiciada y menor será la eficiencia. La ventaja es que la mayoría de los reguladores la calcula y la presenta como el porcentaje de agua no facturada sobre el total de agua despachada. La gran cantidad de observaciones permite realizar comparaciones con otros prestadores seleccionando aquellos que registran características similares (extensión de la red, antigüedad, presión, tipo de conducción o bombeo). Incluso podrían realizarse comparaciones entre prestadores de distintos países.

Desde el punto de vista de los requisitos de información para la construcción del indicador de pérdidas, la dificultad reside en la determinación del volumen de agua consumida o facturada cuando la micro-medición no está generalizada<sup>19</sup>. En la región aún existen numerosos prestadores que poseen un nivel de micro-medición por debajo del 50% de sus usuarios residenciales o conexiones, entre los cuales se encuentran varios servicios provinciales de Argentina con 20% al 25% de micro-medición (por ejemplo, el Área Metropolitana de Buenos Aires, Mar del Plata, Córdoba, Salta y Santa Fe), Panamá (el IDAAN con el 47%) y varios prestadores del Perú con 25% al 45% (ADERASA, 2012). Asimismo cabe mencionar que cuando se factura sobre la base de un consumo presunto o estimado se puede incurrir en errores que impiden la determinación de las pérdidas de red.

Desde el punto de vista de la demanda, una variable que puede servir para aproximar la eficiencia energética es la dotación de consumo por habitante. Esta variable se encuentra disponible en la mayoría de los reguladores. Permite tener una aproximación de cuánta energía requeriría para poner a disposición de los usuarios los litros por habitante día demandados. Pero para esto se necesita que la cantidad de energía por metro cúbico tenga una relación lineal y estable, y al igual que en el caso de las variables de oferta, la precisión con la cual se mida el consumo de agua depende de los niveles de micro-medición.

Los indicadores agregados obtenidos a través de las distintas producciones de los entes reguladores o de los prestadores tienen la ventaja de ser relativamente inmediatos, pero la desventaja de no ser del todo precisos. Por este motivo, es que además de los indicadores agregados se debería disponer de los específicos para medir la eficiencia energética.

Por ejemplo, los sistemas que captan agua subterránea usan más electricidad, *ceteris paribus*, que los sistemas que la captan de fuentes superficiales o aquellos que distribuyen el agua por gravedad tienen una intensidad energética menor que cuando se debe bombear el agua distribuida. Por este motivo, Lenzi y otros (2013), critican los indicadores de intensidad energética antes definidos por considerarlos insuficientes para evaluar el peso de los diferentes factores que afectan al consumo de energía. La determinación de cuán alejado se encuentra el consumo energético observado respecto del mínimo requerido por el sistema, conduce a la necesidad de definir la energía mínima estrictamente necesaria (niveles eficientes) para la operación de sistemas de abastecimiento de agua. La energía mínima requerida se define como la diferencia de energía potencial de una cantidad dada de agua, entre el punto de entrega y la fuente, teniendo en cuenta que la alimentación debe realizarse bajo presión.

Por otra parte, en el servicio de agua potable idealmente el cociente de intensidad energética debería ser realizado sobre el volumen total de agua entregada a los usuarios finales (consumida). Sin embargo, este dato sólo está disponible cuando los niveles de micro-medición son relativamente altos. En los casos en los que la micro-medición no es generalizada, los metros cúbicos consumidos se aproximan a partir de la cantidad facturada (imputada) a los usuarios. Pero este cociente de energía sobre metros cúbicos facturados puede ser una medida engañosa en tanto los volúmenes facturados sean distintos de los consumidos. Para evitar las posibles distorsiones en la intensidad de uso por una mala

<sup>19</sup> Además en el cómputo del agua consumida o del agua facturada podrían existir diferencias de cálculo entre países o prestadores producto de considerar o no dentro de estos conceptos el agua destinada a algunos consumos no residenciales, como por ejemplo, el riego de espacios verdes públicos o el uso para el sistema contra incendios.

medición de los volúmenes consumidos, una alternativa es reemplazar éstos por los volúmenes producidos, que es una información relativamente precisa y permite una comparación homogénea entre prestadores. No obstante, con los ratios generados a partir del volumen de agua producido, la intensidad energética no da cuenta de los usos derivados de pérdidas en la red (Cabrera y otros, 2010).

Una medida para determinar la eficiencia energética son las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan a partir del consumo eléctrico en la extracción, tratamiento y distribución de agua, así como en la recolección y tratamiento del alcantarillado. OFWAT (2008a) estima que las operaciones del sector de agua potable y alcantarillado aportan aproximadamente 1% de todos los gases de efecto invernadero que se producen en Inglaterra y Gales. Por este motivo, desde 2011-2012, los prestadores han comenzado a reportar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero medido en kilotones o kilo-toneladas (miles de toneladas) de dióxido de carbono equivalente.

A fin de estandarizar y precisar las emisiones, en Australia, la NWC, estima la cantidad de gases de efecto invernadero emitida por cada prestador en forma neta por cada mil propiedades<sup>20</sup>. Las empresas deben referirse a las Cuentas Nacionales de Invernadero (*National Greenhouse Accounts*), publicadas por el Departamento de Cambio Climático y Eficiencia Energética (*Department of Climate Change and Energy Efficiency*), que especifican los siguientes tres tipos de factores de emisión para estimar el impacto total de efecto invernadero de las actividades de una organización (NWC, 2013):

- Factores de emisión directa: Los kilogramos de dióxido de carbono equivalente emitidos por unidad de actividad, en el punto de liberación de las emisiones.
- Factores de emisión indirecta: El impacto de efecto invernadero de la compra y consumo de energía eléctrica (el impacto de las combustiones de las centrales eléctricas).
- Diversos factores de emisión: El impacto de las diversas actividades, tales como la eliminación de los residuos, la reparación, el mantenimiento o la construcción de infraestructura.

Atento a que no es una tarea sencilla la determinación de los indicadores de eficiencia energética a partir de las emisiones de dióxido de carbono, se suele aproximar la eficiencia energética a través del consumo de energía.

En la industria de agua potable y alcantarillado de Inglaterra y Gales, el uso de energía por los prestadores genera el 85% de las emisiones totales del sector y la mayor parte de éstas proviene de la electricidad. La proporción de las emisiones que corresponde a la compra de la energía eléctrica por parte de las empresas varía entre 65% y 99% del total. Por otra parte, en los últimos años los prestadores han aumentado la proporción de energía renovable que ellos mismos generan (incluso algunos aportan parte de la energía o el gas que producen al abastecimiento de otros clientes). En la actualidad, las empresas del sector generan electricidad de fuentes renovables por una cantidad equivalente al 8% la energía utilizada y a su vez producen 3,5% de energía en forma de calor a través de los procesos de ciclo combinado de calor y potencia. La mayor parte de esta energía es utilizada dentro de las propias empresas (OFWAT, 2010).

A fin de estimar los consumos energéticos se abren dos posibilidades: i) hacerlo sobre la base de datos que publican de manera rutinaria o periódica los distintos reguladores o asociaciones; y ii) realizar auditorías energéticas en las cuales se determinen los consumos de energía realizados en cada una de las etapas productivas para distinguir conductas ineficientes y oportunidades de mejora.

En el ámbito internacional, la IWA y la IBNET calculan diferentes indicadores referidos al desempeño y ambiente de operación de distintos prestadores alrededor del mundo. En el caso de América Latina, la ADERASA genera indicadores de comparación de diferentes prestadores.

En lo referido al consumo de energía eléctrica, la IWA ha desarrollado el indicador Ph5 que define como la energía de bombeo promedio utilizada para elevar un metro cúbico de agua a 100 metros de altura y se calcula como el total de energía consumida en el bombeo de agua potable en el período

<sup>20</sup> Mayor información en <http://www.nwc.gov.au/publications/topic/nprs/urban-2011-2012/chapter-9-environment>

(kWh) dividido por la sumatoria del agua potable elevada por cada bomba del sistema, multiplicada por la elevación, expresada en centenas de metros de columna de agua. Para el caso de alcantarillado, IWA desarrolló el indicador wOp20 definido como el total de energía consumida en el bombeo de aguas residuales en el período (kWh) dividido por la sumatoria del agua residual elevada por cada bomba del sistema, multiplicada por la altura de elevación, expresada en centenas de metros de columna de agua.

Por su parte, la IBNET, no ha desarrollado indicadores de consumo de energía pero produce el indicador de eficiencia operativa 13.2 definido como la participación de los costos energéticos dentro de total de costos operativos. Permite obtener valores para el gasto total en energía eléctrica, pero no la cantidad consumida (van den Berg y Danilenko, 2011).

ADERASA produce los siguientes indicadores relacionados con la energía eléctrica<sup>21</sup>: “de-15” (costos de la energía de operación y mantenimiento de agua potable; en todos los casos, expresados en moneda local dividido por 1.000); “de-63” (costo de la energía consumida por la empresa en el servicio); y “de-64” (total de energía consumida por la empresa, en unidades equivalentes de 1.000 kWh). El análogo para el caso de alcantarillado es “de-19” (costos de la energía de operación y mantenimiento de alcantarillado). Las participaciones (como porcentaje) del costo de la energía en cada uno de los costos de los servicios son: “iec-09” para agua y “iec-13” para alcantarillado.

En marzo de 2010, la Comisión Europea publicó la Estrategia Europa 2020, para un crecimiento inteligente, sostenible e inclusivo. Una iniciativa emblemática en el marco de esta estrategia, “Una Europa eficiente en recursos”, establece la eficiencia como el principio rector de las políticas de la Unión Europea. Por otro lado, en mayo de 2012, el Sexto Foro Mundial del Agua estableció como objetivo para alcanzar en el año 2020 una mejora de al menos 20% en la eficiencia energética de las empresas de agua potable y alcantarillado respecto de los valores observados en 1990. Teniendo esto en cuenta, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) definió índices para realizar comparaciones. En el caso del agua, la medida de eficiencia energética es el consumo de energía en todas las fases del servicio, dividido por la cantidad de metros cúbicos producidos, mientras que para alcantarillado la unidad de medida es el consumo de electricidad dividido por la cantidad de personas equivalentes.

Al nivel regional la ADERASA publica anualmente a través de su sistema de comparación de desempeño, algunos de los datos e indicadores señalados precedentemente.

En general, las fuentes mencionadas no presentan datos específicos que permitan analizar el nivel de eficiencia energética, aunque sí aportan la base para la construcción de indicadores (globales) del tipo de los antes nombrados.

En la región existen algunos sistemas de información que recopilan, organizan y difunden en mayor o menor medida datos de los prestadores en el ámbito nacional. Entre ellos se destacan los de Brasil<sup>22</sup>, Chile<sup>23</sup>, Colombia<sup>24</sup>, Perú<sup>25</sup> y México.

Desde el año 2011, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) del Perú inició el registro de nuevos indicadores de desempeño de los prestadores entre los que se destaca el costo por energía como medida de “eco-eficiencia”. Este índice se calcula como el gasto anual de las empresas en energía y se divide por el volumen total de agua producido en el año en miles de metros cúbicos. Esta variable se encuentra definida en el Sistema de Captura de Datos (SICAP).

En el caso del Brasil, el Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento (*Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*, SNIS) produce el IN058 “Índice de Consumo de Energía Eléctrica em Sistemas de Abastecimento de Água” y el IN059 “Índice de Consumo de Energía Eléctrica em Sistemas de Esgotamento Sanitário”. El primero definido como el consumo total de energía eléctrica en sistemas de abastecimiento de agua, medido en kWh sobre el total de agua producida, y el segundo como el

<sup>21</sup> Mayor información en <http://www.aderasa.org/index.php/es/grupos-de-trabajo/benchmarking>

<sup>22</sup> Mayor información en <http://www.snis.gov.br/>

<sup>23</sup> Mayor información en [http://www.siss.gob.cl/577/articles-9976\\_recurso\\_1.pdf](http://www.siss.gob.cl/577/articles-9976_recurso_1.pdf)

<sup>24</sup> Mayor información en <http://www.sui.gov.co/>

<sup>25</sup> Mayor información en <http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php/sunass/supervision-y-fiscalizacion/indicadores-de-gestion>

consumo total de energía eléctrica en sistemas de alcantarillado, medido en kWh sobre el total de aguas residuales recolectadas en metros cúbicos. Ferro y otros (2014) analizan la eficiencia energética de los prestadores en base a datos del SNIS, para lo que estiman funciones de requerimiento de insumos con técnicas de fronteras estocásticas que distinguen variaciones en el consumo de energía producto de distintas condiciones de contexto y de diferencias en el uso eficiente de la energía (véase el recuadro 4).

Dado que es difícil y potencialmente engañoso generalizar rendimientos energéticos relevados a nivel de prestador o planta, la evaluación comparativa de la eficiencia energética de prestadores de agua potable y alcantarillado, es probable que sea más útil realizarla para tecnologías de procesamiento y equipos específicos, en lugar de las intensidades energéticas agregadas. Ello se hace a nivel de procesos, subprocesos y equipos en auditorías energéticas.

#### **RECUADRO 4 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL BRASIL: ESTIMACIONES UTILIZANDO UNA FUNCIÓN DE REQUERIMIENTOS DE INSUMO**

Para los 128 prestadores, para el período 2005-2011, se observa que la eficiencia del 63%. Es decir que, conservando todos los demás factores constantes las empresas podrían ahorrar un 37% de la energía que usan si aplicaran las mejores prácticas observadas (no teóricas, sino logradas por los prestadores más eficientes de la muestra). Esta brecha es de 12.899 gigavatios hora (GWh) sobre el total de 39.386 GWh de la muestra.

Por otra parte, de la inclusión de los condicionantes del consumo de energía eléctrica surgen variables que la empresa controla parcialmente y otras que no. Estas últimas son las condiciones del contexto, como la densidad de clientes (clientes por kilómetro de red), la proporción de clientes residenciales sobre los no residenciales y la proporción de agua potabilizada sobre agua producida, que hace referencia a la calidad de la fuente. Mientras que entre las variables sobre las cuales la empresa puede ejercer control, normalmente mediante importantes inversiones, son las pérdidas de agua y la relación entre clientes con ambos servicios (agua potable y alcantarillado) respecto de los que reciben sólo el servicio de agua potable.

Sobre la base de las variables sobre las cuales el prestador puede ejercer cierto control, se simulon programas de control de pérdidas de agua y de aumento de cobertura de alcantarillado respecto de los habitantes servidos con agua potable solamente. Con el programa más conservador de reducción de pérdidas (10%) podrían ahorrarse 1.644 GWh (un 4,2% del consumo anual). En tanto, con la reducción de la brecha en alcantarillado (también del 10%) se conseguirían ahorros por 574 GWh, representando un ahorro de energía del orden del 1,5%.

Fuente: Ferro y otros (2014).

Resulta de interés mencionar una iniciativa desarrollada en México en forma conjunta por la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA): el Cálculo de Eficiencia Energética y Potencial de Ahorro (CEEPA). El CEEPA se basa en el indicador del IWA Ph5 “Consumo de energía estandarizado” (véase la página 36) que permite conocer la eficiencia de cada equipo de bombeo como así también del prestador en forma global<sup>26</sup>. La participación por parte de los prestadores es voluntaria y los datos del CEEPA son presentados de forma anónima en una plataforma como una herramienta de comparación del desempeño energético. En el 2014, se relevaron los datos de 9 prestadores en 80 municipios que presentaron valores válidos para 152 equipos de bombeo. Cavaleiro de Ferreira y Hansen (2014) concluyen que: i) equipos de bombeo con un nivel medio de eficiencia pueden tener igualmente un gran potencial de ahorro; y ii) la eficiencia no está correlacionada con la dimensión de los organismos operadores.

Como conclusión, a la hora de evaluar la eficiencia energética parece existir una tensión entre indicadores globales (intensidad de uso de energía), pero que incorporan imprecisiones debido a diferencias en las condiciones particulares de los sistemas, y indicadores más precisos y parciales (derivados de las auditorías energéticas) que tienen en cuenta estas diferencias pero donde la cantidad de observaciones comparables se reduce o es aplicable sólo a aspectos parciales. Los reguladores sectoriales podrían construir indicadores contextuales (véase el cuadro 6) y específicos (véase el cuadro 7) para caracterizar los problemas, previo a las auditorías energéticas de procesos, subprocesos y equipos.

<sup>26</sup> Otros países que utilizan este indicador son Portugal, Brasil, Canadá y Alemania. El CEEPA está inspirado en el monitoreo de la sustentabilidad ambiental de operadores realizado por el regulador de Portugal (ERSAR): <http://www.ersar.pt>

**CUADRO 6**  
**SÍNTESIS DE INDICADORES CONTEXTUALES**

Indicador <sup>a</sup>	Desagregaciones posibles			
	Prestador	Planta	Procesos y subprocesos <sup>b,c</sup>	Equipos <sup>c</sup>
Dotación por habitante	Por habitante servido por año Por cliente servido por año	Por habitante servido por año Por cliente servido por año		
Pérdidas de red	Como proporción de agua producida, o entregada, o facturada	Como proporción de agua producida, o entregada, o facturada		
Micro-medición	Proporción de clientes micro-medidos			
Tipo de fuente	Proporción de agua cruda subterránea/agua cruda superficial	Proporción de agua cruda subterránea/agua cruda superficial		
Proporción bombeo/gravedad	Por metro cúbico por año	Por metro cúbico por año	Por metro cúbico por año (agua potable y alcantarillado)	
Tratamiento de aguas residuales	Proporción de aguas residuales con tratamiento primario, secundario o terciario	Proporción de aguas residuales con tratamiento primario, secundario o terciario		

Fuente: Elaboración propia en base a la información recopilada.

<sup>a</sup> En todos los casos, referencias empíricas asociadas a un período base y siguientes.

<sup>b</sup> Procesos (agua potable y alcantarillado) y subprocesos (extracción, transporte de agua cruda, potabilización, transporte y distribución de agua potable, recolección y conducción de aguas residuales, y tratamiento de efluentes).

<sup>c</sup> A nivel de procesos, subprocesos y equipos, los valores de los indicadores pueden provenir de imputaciones o auditorías energéticas.

## B. Desempeño comparado en materia de eficiencia energética

Las características propias de los servicios de agua potable y alcantarillado, hacen que los proveedores tengan características de monopolio natural. Dado que en estos contextos la competencia es imposible, los reguladores han tratado de evaluar el desempeño de los prestadores sobre la base de la comparación con otras empresas en igual condición (Jouravlev, 2003). Genéricamente, esta práctica se conoce como “*benchmarking*” y consiste en la búsqueda de un valor de referencia para usarlo como comparador o incentivo. Este proceso debe ser sistemático y continuo para evaluar comparativamente productos, servicios y procesos referidos a unidades de decisión. Las referencias (“*benchmarks*”) son comparadores que revelan mejores valores, teóricos o empíricos (Ferro, Lentini y Romero, 2011).

Para desarrollar un ejercicio de desempeño comparado de la eficiencia energética, en primer lugar, se debe avanzar en la definición conceptual de la eficiencia en esta materia. Los indicadores descriptos pueden ser utilizados a tal efecto. En segundo lugar, hay que determinar en qué consiste el nivel óptimo de eficiencia. Aquí la pregunta es si el nivel eficiente surge de la propia muestra o si se trata de un ideal teórico al que todos los prestadores deben aspirar. En tercer lugar, hay que controlar las características particulares de cada uno de los sistemas para que las únicas diferencias resultantes de las comparaciones sólo puedan ser atribuibles al efecto analizado; en este caso, a la eficiencia energética.

Es importante destacar que como la eficiencia energética es altamente dependiente de las condiciones topográficas del sitio en el que se localizan las instalaciones del prestador, la comparación

**CUADRO 7**  
**SÍNTESIS DE INDICADORES ESPECÍFICOS**

Indicador <sup>a</sup>	Desagregaciones posibles			
	Prestador	Planta	Procesos y subprocesos <sup>b,c</sup>	Equipos <sup>c</sup>
Costo de la energía	Por año	Por año	Por año	Por año
	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año
	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Otros indicadores específicos
	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Otros indicadores específicos
Participación de costos energéticos/costos totales	Por año	Por año	Por año	Por año
	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año
	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Otros indicadores específicos
	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Otros indicadores específicos
Consumo de energía	Por año	Por año	Por año	Por año
	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año
	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Otros indicadores específicos
	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Otros indicadores específicos
Costo unitario de la energía	Por año	Por año	Por año	Por año
	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año
	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Otros indicadores específicos
	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Otros indicadores específicos
Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas de dióxido de carbono equivalente)	Por año	Por año	Por año	Por año
	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año	Por m <sup>3</sup> /año
	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año	Por habitante servido/año
	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Por cliente servido/año	Otros indicadores específicos

Fuente: Elaboración propia en base a la información recopilada.

<sup>a</sup> En todos los casos, referencias empíricas asociadas a un período base y siguientes.

<sup>b</sup> Procesos (agua potable y alcantarillado) y subprocesos (extracción, transporte de agua cruda, potabilización, transporte y distribución de agua potable, recolección y conducción de aguas residuales, y tratamiento de efluentes).

<sup>c</sup> A nivel de procesos, subprocesos y equipos, los valores de los indicadores pueden provenir de imputaciones o auditorías energéticas.

entre las empresas está sujeta a una cierta distorsión. Sin embargo, existen posibilidades metodológicas para mitigar este problema. Dado que las características topográficas o ambientales suelen estar fijas en el tiempo para cada prestador, las variaciones a lo largo del tiempo de la eficiencia energética permitirían aislar esta heterogeneidad. La variación en el nivel de eficiencia de una empresa de un año a otro como porcentaje permitiría hacer más comparables los porcentajes de variación en la eficiencia con otros prestadores, aunque podría persistir cierta heterogeneidad. De esta manera, al calcular la evolución de la eficiencia de un prestador permite observar cómo ha sido su desempeño respecto del pasado y si el



mismo mejora o no. A su vez, la posibilidad de medir esa evolución en términos de porcentajes permite observar si tal variación es porcentualmente superior, inferior o igual al resto de los prestadores<sup>27</sup>.

Cada etapa del proceso de producción tiene diferentes intensidades energéticas y difiere entre prestadores. Las diferencias reflejan la sensibilidad a requerimientos de la extracción de agua (superficial o subterránea), al transporte, distribución y recolección (gravidad o bombeo) y a la calidad del tratamiento de las aguas residuales. Comparaciones que resulten consistentes, requieren reconocer las restricciones disímiles que enfrentan los prestadores.

Para la obtención de buenos indicadores —es decir, que reflejen con aproximación razonable el grado de eficiencia que se quiere medir— se requiere previamente implementar sistemas de información que aseguren la metodología de captación de datos y que a su vez garanticen continuidad y regularidad en el procesamiento y difusión de la información. Si estos sistemas tuvieran bases metodológicas uniformes se podrían obtener indicadores consistentes para realizar comparaciones válidas.

¿Cómo hacen aquellos reguladores que ya realizan análisis de desempeño comparado? Primero, se efectúa un relevamiento y descripción de prácticas en uso, y luego se propone un mecanismo de síntesis.

Brandt, Middleton y Wang (2012) destacan la desagregación y especificidad de la información sobre costos de energía de los prestadores que recopila y analiza el OFWAT, y también se hace mención a la disponibilidad de información con que cuentan reguladores en Australia y los Estados Unidos.

La SUNASS realiza ejercicios de desempeño comparado sobre la base del gasto en energía por metro cúbico de agua producido. Para estandarizar este indicador realiza los siguientes pasos:

- Selecciona aquellos prestadores que han remitido el dato de costo de energía.
- Selecciona las empresas que utilizan agua proveniente de fuentes subterráneas.
- Calcula el porcentaje del total de agua producida por el prestador que proviene de pozos respecto al volumen producido total en el año.
- Luego identifica aquél con valores más eficientes en cuanto al costo de energía por volumen producido según el porcentaje de agua producida que proviene de pozos.

Por ahora, la incidencia del análisis de desempeño comparado es solamente informativa y sirve para que los prestadores vean su posición relativa pero no para sancionar ni premiar según el desempeño.

La comparación del desempeño de una empresa en un año respecto de lo realizado en el año anterior ha sido la metodología utilizada tanto en Australia como en Inglaterra y Gales. En este segundo caso, las mediciones de eficiencia energética se efectúan a través de las emisiones de gases de efecto invernadero. Así, como parte de la revisión tarifaria de 2009, el OFWAT exigió a las empresas proyectar y reportar las emisiones que resultarían de la actividad que se proponían llevar a cabo en sus planes de negocios para los próximos cinco años. Desde el año 2012, los prestadores están obligados a medir y reportar sus emisiones de gases de efecto invernadero. La autoridad medioambiental (*Department for Environment, Food and Rural Affairs*, DEFRA) clasifica las emisiones de la siguiente forma (DEFRA, 2009; OFWAT, 2012):

- Emisiones directas (Alcance 1): Emisiones procedentes de procesos que están bajo la responsabilidad directa de la empresa (por ejemplo, calderas y vehículos propios).
- Emisiones indirectas (Alcance 2): Emisiones asociadas con el uso de la electricidad de red comprada por el prestador.
- Otras indirectas (Alcance 3): Toda otra emisión que podría estar asociada indirectamente con las actividades de la empresa, pero que proviene de fuentes que no son de su propiedad ni bajo su control. Dentro de estas emisiones indirectas hay dos grupos: i) las reguladas donde se

<sup>27</sup> GO Brazil Associados (2013) plantean que para evaluar la eficiencia energética de un prestador, se debe llevar a cabo una comparación de su desempeño durante los años, en lugar de solamente comparar el desempeño de la empresa con el de otros prestadores.

incluyen las emisiones de los contratistas y los servicios tercerizados, así como el transporte asociado a la operación; y ii) las no reguladas, como por ejemplo, las emisiones vinculadas con el uso del agua en la construcción, en la industria química o con la energía utilizada por los usuarios para poner el agua a temperatura de uso.

La información que el OFWAT recaba de las empresas se desagrega en emisiones operativas y las no operativas. Las primeras comprenden todas las de alcances 1 y 2, así como las emisiones reguladas de alcance 3. Mientras que las emisiones no operativas son las no reguladas de alcance 3. Dentro de este último grupo, las emisiones más importantes provienen de las actividades de construcción y de uso residencial del agua.

El objetivo es que las empresas presten los servicios con una baja intensidad de carbono y desempeñen su papel en la reducción costo-efectiva de las emisiones de gases de efecto invernadero. Las compañías proyectan los valores de las emisiones en sus planes de negocios. Los indicadores de desempeño se clasifican en: i) metas alcanzadas o superadas (verde); ii) ligero atraso en el logro de las metas (ámbar); y iii) significativo atraso en su cumplimiento (rojo).

En Australia, se sigue una metodología similar (véase la página 36). NWC (2013) destaca que la comparación de las emisiones netas de gases de efecto invernadero de diferentes prestadores es un ejercicio difícil y debe realizarse con precaución debido al número de variables que influyen en el nivel de emisiones. Esas variables incluyen la fuente de agua, el uso de la gravedad o el bombeo, las condiciones geográficas, la cantidad de grandes clientes y la participación de los usuarios industriales, las políticas de mitigación de gases de efecto invernadero, y por último, el método de cálculo. Las empresas que no alcanzan los umbrales establecidos en materia de eficiencia energética, luego deben pagar conforme al esquema de precios del carbono.

La AEMA seleccionó para comparar la eficiencia energética el consumo total de electricidad para la producción y distribución de agua, así como para el tratamiento de aguas residuales (en ambos casos, con agregación de datos a nivel del país o una región) (EEA, 2014). Para el agua potable, los datos de la evaluación comparativa de prestadores de Alemania, Dinamarca y Suecia muestran valores medios de alrededor de 0,75 kWh/m<sup>3</sup> (consumo autorizado<sup>28</sup>). Los valores de Alemania y Dinamarca son similares al valor medio de 31 grandes prestadores de la Unión Europea que es de 0,5 kWh/m<sup>3</sup>, aunque no resultan estrictamente comparables. Para el tratamiento de aguas residuales, los datos de Alemania y Dinamarca muestran valores de alrededor de 35-40 kWh/año/persona. Por su parte, Suecia tiene una media ponderada de 95 kWh/año/persona.

El estudio comparativo de desempeño no se reduce a la medición de las emisiones de carbono o a la intensidad energética, sino que casos como Inglaterra y Gales también extienden el análisis hacia la reducción de las pérdidas en la red. Definen las pérdidas totales de la red como la suma de las pérdidas de distribución y transporte, desde el punto de tratamiento hasta el frente de los usuarios (sin las pérdidas internas). Los dos métodos más utilizados son (OFWAT, 2012):

- El caudal mínimo nocturno: Mide el flujo hacia las áreas medidas de los distritos en las primeras horas de la mañana, cuando el consumo es mínimo. Una vez que la empresa ha extraído el consumo mínimo, el resto califica como pérdida.
- El flujo integrado: El modelo estima todos los componentes del balance de agua potable, con excepción de fugas, y asume que la diferencia entre la entrada de agua al sistema de distribución y su uso es la pérdida de red.

Una vez definido el indicador, establecida la metodología de cálculo, se presentan tres niveles de tolerancia: verde, ámbar y rojo. Verde indica que se ha alcanzado o superado la meta del año; ámbar puede significar dos cosas: que la compañía no ha logrado su objetivo de promedio anual de pérdidas, pero no ha habido un impacto significativo en la seguridad del suministro o el prestador ha superado su pérdida promedio anual objetivo, pero muestra preocupación con respecto a su capacidad para cumplir

<sup>28</sup> Agua facturada a los clientes más servicios no facturados (como agua utilizada para el combate de incendios) (AWWA, 2012).

con el objetivo del año siguiente; y rojo denota que la compañía no ha cumplido con el objetivo y se ha producido un impacto significativo en la seguridad del suministro o la empresa no se muestra preocupada con respecto a las medidas a implementar para reducirlas en el año siguiente.

En cualquier circunstancia para realizar un análisis sólido de desempeño comparativo es recomendable contar con una muestra de prestadores lo más amplia posible, aunque esto haría más difícil asegurar la consistencia de los datos, y a su vez disponer de varias observaciones para el mismo prestador y en el tiempo de manera de poder controlar las particularidades de cada uno.

Bashnakov y otros (2008) proponen utilizar indicadores de uso de energía por unidad de producción o consumo del servicio (en lugar de a nivel de sistema), como los siguientes: i) mínimo teórico (de acuerdo a los avances y modelos científicos); ii) mínimo práctico local o internacional (alcanzado con alguna tecnología probada); iii) promedio práctico nacional o internacional; y iv) peor resultado práctico nacional o internacional.

A partir de las consideraciones anteriores, se propone el uso en el análisis comparativo de desempeño de los siguientes indicadores contextuales (véase el cuadro 8) y específicos (el cuadro 9). La idea es usar las referencias para situar al prestador bajo estudio en el contexto en que opera.

**CUADRO 8**  
**INDICADORES CONTEXTUALES: PARÁMETROS PROPIOS COMO PROPORCIÓN**  
**DE LOS VALORES DE REFERENCIA**

Indicador <sup>a</sup>	Desagregaciones posibles		
	Prestador	Planta	Procesos y subprocesos <sup>b</sup>
Dotación por habitante	Mínimo local Mínimo internacional Promedio local Promedio internacional Peor local Peor internacional		
Pérdidas de red Micro-medición	Los mismos indicadores Máximo local Máximo internacional Promedio local Promedio internacional Peor local Peor internacional		
Tipo de fuente	Máximo local Máximo internacional Promedio local Promedio internacional	Máximo local Máximo internacional Promedio local Promedio internacional	
Proporción bombeo/gravedad	Mínimo local Mínimo internacional Promedio local Promedio internacional Peor local Peor internacional	Mínimo local Mínimo internacional Promedio local Promedio internacional Peor local Peor internacional	Mínimo local Mínimo internacional Promedio local Promedio internacional Peor local Peor internacional
Tratamiento de aguas residuales	Máximo local Máximo internacional Promedio local Promedio internacional Peor local Peor internacional	Máximo local Máximo internacional Promedio local Promedio internacional Peor local Peor internacional	

Fuente: Elaboración propia, a partir de utilizar los indicadores del cuadro 6.

<sup>a</sup> En todos los casos, referencias empíricas asociadas a un período base y subsiguientes.

<sup>b</sup> Procesos (agua potable y alcantarillado) y subprocesos (extracción, transporte de agua cruda, potabilización, transporte y distribución de agua potable, recolección y conducción de aguas residuales, y tratamiento de efluentes). A nivel de procesos y subprocesos, los valores de los indicadores pueden provenir de imputaciones o auditorías energéticas.

**CUADRO 9**  
**INDICADORES ESPECÍFICOS: PARÁMETROS PROPIOS COMO PROPORCIÓN**  
**DE LOS VALORES DE REFERENCIA**

Indicador <sup>a</sup>	Desagregaciones posibles		
	Prestador	Planta	Procesos y subprocesos <sup>b</sup>
Participación de costos energéticos/costos totales	Mínimo local	Mínimo local	Mínimo local
	Mínimo internacional	Mínimo internacional	Mínimo internacional
	Promedio local	Promedio local	Promedio local
	Promedio internacional	Promedio internacional	Promedio internacional
	Peor local	Peor local	Peor local
Consumo de energía	Peor internacional	Peor internacional	Peor internacional
	Mínimo local	Mínimo local	Mínimo local
	Mínimo internacional	Mínimo internacional	Mínimo internacional
	Promedio local	Promedio local	Promedio local
	Promedio internacional	Promedio internacional	Promedio internacional
Costo unitario de la energía	Peor local	Peor local	Peor local
	Peor internacional	Peor internacional	Peor internacional
	Mínimo local	Mínimo local	Mínimo local
	Mínimo internacional	Mínimo internacional	Mínimo internacional
	Promedio local	Promedio local	Promedio local
Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas de dióxido de carbono equivalente)	Promedio internacional	Promedio internacional	Promedio internacional
	Peor local	Peor local	Peor local
	Peor internacional	Peor internacional	Peor internacional
	Mínimo local	Mínimo local	Mínimo local
	Mínimo internacional	Mínimo internacional	Mínimo internacional

Fuente: Elaboración propia, a partir de utilizar los indicadores del cuadro 7.

<sup>a</sup> En todos los casos, referencias empíricas asociadas a un período base y subsiguientes.

<sup>b</sup> Procesos (agua potable y alcantarillado) y subprocesos (extracción, transporte de agua cruda, potabilización, transporte y distribución de agua potable, recolección y conducción de aguas residuales, y tratamiento de efluentes). A nivel de procesos y subprocesos, los valores de los indicadores pueden provenir de imputaciones o auditorías energéticas.

## V. Eficiencia energética en el quehacer de los reguladores sectoriales

---

Las funciones regulatorias relacionadas con la eficiencia energética (Berg, 2013) pueden clasificarse en tres grupos. En primer lugar, están aquellas orientadas a la oferta:

- Las autorizaciones a prestar el servicio podrían condicionarse a aquellos prestadores que se comprometen a realizar auditorías de eficiencia energética o respeten un cierto nivel de eficiencia en su uso.
- Establecer normas de comportamiento. Como en materia de eficiencia energética estas suelen estar determinadas por políticas más amplias, se deja al regulador sectorial la implementación detallada de incentivos que contribuyan a la consecución de esos objetivos. Esto incluye atender la relación costo-efectividad de los programas de ahorro energético de los prestadores.
- Vigilar el desempeño de las empresas reguladas. Los programas de eficiencia energética requieren la recolección y el análisis de datos. La revisión de los impactos de los programas anteriores es fundamental para que quienes regulan y controlan el sector puedan beneficiarse de las lecciones del pasado.
- Establecer definiciones analíticas claras y categorías contables consistentes. La evaluación de la relación costo-eficacia de las iniciativas de eficiencia energética requiere a los operadores proporcionar datos y elaborar informes y a los reguladores edificar la capacidad técnica para revisar esa información. Corresponde al regulador determinar los análisis costo-beneficio que deben aplicarse a los programas de eficiencia energética en los servicios.
- Realizar (por lo general, a través de consultores independientes) auditorías (energéticas) de gestión en las empresas reguladas. El regulador debería revisar los programas de eficiencia energética en forma regular, examinando si se alcanzan los objetivos de los programas de una manera costo-efectiva.

Un segundo grupo, conforman aquellas orientadas a la demanda:

- Establecer el nivel y la estructura de las tarifas atendiendo al objetivo de eficiencia energética. Cuando un prestador realiza una inversión con ese fin y la traslada a la tarifa, la cantidad

demandada se reduce y la calidad de servicio presumiblemente aumenta por mayor confiabilidad, disminuyendo la facturación. Predecir el alcance de la reducción del consumo requiere estimaciones de cambio de comportamiento. Además, la eficiencia energética puede ser promovida con diseños particulares de tarifas. Como en caso de agua no facturada, en el cálculo tarifario puede aceptarse un cierto umbral (creciente) de eficiencia energética.

- El regulador puede organizar talleres y cursos, educar a los interesados y promover la resolución de conflictos.

En tercer lugar, están aquellas funciones regulatorias motivadas por la interdependencia con otros sectores, la necesidad de coordinación y resolución de externalidades:

- Desarrollar recursos humanos. La aplicación de políticas de eficiencia energética depende de la calidad de los profesionales que están llevando a cabo los análisis correspondientes. Esta función requiere que el regulador mantenga un programa de fomento de la capacidad fuerte.
- Coordinar con otros organismos (como por ejemplo, los ministerios de energía, medio ambiente y finanzas) que tienen un interés compartido en las iniciativas de eficiencia energética en el sector. Desde el punto de vista de los servicios de agua potable y alcantarillado, resulta conveniente el trabajo conjunto con los reguladores de electricidad y gas. Para asegurar que las interdependencias de los programas de eficiencia energética sean reconocidas por los responsables políticos, el regulador tiene que participar en grupos de trabajo y otras actividades de colaboración.
- Informar actividades del sector y del regulador a las autoridades gubernamentales que tienen que tratar luego cuestiones vinculadas con la eficiencia energética.

## A. Eficiencia energética y la oferta

Algunas de las políticas a implementar por el regulador en relación con la eficiencia energética y la oferta, son las siguientes (Denig-Chakroff, 2008; Columbia Center for Climate Change Law, 2012):

- Fijar parámetros de eficiencia energética. Se establecen indicadores de desempeño y se fijan los valores a cumplir por períodos de tiempo. Para la determinación de las metas es recomendable la realización de estudios preliminares y específicos para cada empresa, y no solamente recurrir a parámetros internacionales, a fin de garantizar que las particularidades de cada situación hayan sido tenidas en cuenta y que las metas sean factibles de cumplir.
- Solicitar auditorías energéticas y formular planes de reducción de consumo energético.
- Política costo-efectiva de eficiencia. El regulador mediante la sanción de una norma específica, exige que los prestadores persigan la adopción de tecnologías que sean costo-efectivas en términos de eficiencia energética. De esta forma, no se establecen parámetros estrictos de exigencia y es el prestador quien analiza la factibilidad de las tecnologías y decide su adopción teniendo así más libertad de acción.
- Promover programas de ahorro energético. Incluyen proyectos de medición, detección de pérdidas, reemplazo de antiguas tuberías, implementación de herramientas computacionales, instalación de equipos de velocidad variable, etc.
- Tarifas. Podría incentivarse la aplicación de medidas regulatorias en el sector eléctrico orientadas específicamente a los prestadores de agua potable y alcantarillado, como por ejemplo, diseño de tarifas especiales que reflejen los costos marginales de largo plazo incluyendo los costos asociados a la emisión de gases de efecto invernadero y la formulación de programas de eficiencia energética asegurando que el ahorro energético alcanzado por el prestador no sea perjudicial para la empresa eléctrica debido a las menores ventas, exigencia de cierto tipo de contratos de compra de energía, presencia de sistemas internos de incentivos

para el ahorro, certificación, reconocimiento de cierto nivel de eficiencia energética en fijación tarifaria<sup>29</sup>, evaluación comparativa de desempeño con otros prestadores, etc.

- Hacer una evaluación de los ahorros energéticos obtenidos. Se sigue un procedimiento de tres etapas: medición, cuantificación y verificación. Si bien puede ser muy complejo establecer protocolos de validación de ahorro energético, es conveniente al menos acordar algún tipo de procedimiento sencillo o emular buenas prácticas de alguna otra ciudad o región.
- Eficiencia energética recibiendo un trato simétrico con energía renovable. Las empresas suelen tener la exigencia de incorporar energías renovables entre sus fuentes. El regulador puede otorgar a la eficiencia energética el rango equivalente de energía renovable, permitiendo así que las empresas pueden elegir libremente cómo satisfacer el parámetro mediante un portafolio, compuesto por energías renovables y programas de eficiencia energética. En esta variante, el nivel de efectividad de la política dependerá de los costos relativos entre las distintas fuentes de energías renovables y la eficiencia energética.

En Inglaterra y Gales, el análisis de los impactos ambientales de los servicios comienza por determinar la oferta disponible de recursos y la demanda de los mismos en el marco de las revisiones tarifarias. Cada empresa tiene la obligación de elaborar planes de gestión de los recursos hídricos (*Water Resource Management Plans*, WRMPs). Estos planes a largo plazo indican cómo las empresas van a hacer frente a los futuros desafíos de mantener el equilibrio entre la oferta y la demanda. Las pautas de la Agencia de Medio Ambiente (*Environment Agency*, EA) incluyen detalles específicos de cómo las empresas deben incorporar el cambio climático en sus planes. Luego estos planes dan sustento a las inversiones en el plan de negocios para cada revisión tarifaria. OFWAT analiza su coherencia. Se establecen los objetivos en términos de pérdidas de red. Tienen que equilibrarse los beneficios para el medio ambiente a partir de la reducción de las pérdidas, con el costo de encontrar y reparar las mismas. Para abordar el equilibrio entre las necesidades de los consumidores y el medio ambiente, se establece un nivel económico de pérdidas de red (*Economic Level of Leakage*, ELL), que es aquel en el cual el costo de una reducción adicional de pérdidas es superior a obtener agua de otra fuente alternativa. Operar en el nivel objetivo de fugas significa que el costo financiero, ambiental y social total de suministro de agua se reduce al mínimo, garantizando el mejor valor para los consumidores y el medio ambiente. El nivel objetivo cambiará con el tiempo para reflejar la evolución de los factores externos, como el impacto del cambio climático.

Conjuntamente con el control de pérdidas de red, OFWAT ha iniciado planes de micro-medicación de usuarios. A partir de la micro-medicación de los consumos, los mismos se han reducido en un 10%. Estos aumentos en los niveles de micro-medicación, son claves para precisar las pérdidas y mejorar su detección. Sin embargo, en áreas donde la micro-medicación está generalizada, la disminución de los consumos implica reducción de los ingresos para los prestadores. Por lo tanto, en algunos casos puede que no sea de interés de las empresas promover el uso eficiente del agua. Para evitar esto, OFWAT ha introducido un mecanismo de corrección de los ingresos que se aplicará al final de cada periodo de revisión tarifaria. Además, para fomentar aún más a las empresas a compartir información y aprender, se publican las buenas prácticas y su compendio se actualiza periódicamente.

Para facilitar el manejo de las emisiones de carbono, en el año 2008 OFWAT solicitó a cada uno de los prestadores que reportara las emisiones derivadas de su operación. Las empresas proporcionaron estos datos voluntariamente para un número de años, y de la recopilación se fue formalizando la presentación de la información en los estudios tarifarios así como la consistencia a través de un examen adicional de los indicadores.

El incentivo para las empresas está dado porque la reducción en la cantidad de carbono emitido es una consecuencia del ahorro energético. En este sentido, en Inglaterra y Gales a partir de 2010 se ha instrumentado un sistema de derechos en el marco de un esquema de energía eficiente llamado

---

<sup>29</sup> En el caso del biogás extraído en las plantas de tratamiento que se puede reutilizar para generar energía, se debe tener en cuenta el precio que se le asignará al mismo y cómo éste impactará dentro de la fijación tarifaria (Hantke Domas, 2011).

Compromisos de Reducción de Carbono (*Carbon Reduction Commitment*), en el que participan 21 empresas del sector. En este mercado, las empresas comercian los derechos a emitir una determinada cantidad de dióxido de carbono. El problema que tiene este mecanismo, es que los compromisos sólo cubren las emisiones provenientes del uso de la energía. Esto significa que no capta entre un quinto y un tercio de las emisiones de las empresas. Las emisiones que faltan son principalmente gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono procedentes de metano y óxido nitroso relacionados con las aguas residuales, que son difíciles de medir con precisión.

Otra forma de reducir las demandas energéticas es a través del cuidado de las fuentes de captación. En esta materia, cabe mencionar el caso de OFWAT que apoya el principio de “quien contamina paga” como pilar fundamental para asegurar la sostenibilidad ambiental, de manera que si alguien está haciendo uso de las tierras donde se está llevando a cabo la toma de agua, debe pagar por la contaminación que allí genera y no cargarla sobre los consumidores de agua. Los prestadores de Inglaterra y Gales pueden invertir en planes de gestión de cuenca que aseguren la calidad del agua cruda de la manera que ellos crean más eficaz y eficiente. La importancia de estos planes se debe a que la contaminación difusa es el mayor desafío para mejorar la calidad del agua cruda en el país.

En consecuencia, en las pautas para fijación tarifaria para el período 2010-2015, para que OFWAT considere las propuestas de nuevas inversiones con el fin de revertir la disminución de la calidad del agua cruda, las empresas deben tener: i) identificada la fuente de la contaminación hídrica; ii) iniciadas acciones para eliminar la fuente de la contaminación; iii) un plan detallado para hacer frente a la disminución de la calidad del agua cruda; iv) el apoyo de la propuesta por parte la Inspección de Agua Potable (*Drinking Water Inspectorate, DWI*), organismo público encargado de control de calidad del agua potable; y v) justificadas sus propuestas mediante un análisis de costo-beneficio (OFWAT, 2008b).

En muchas ciudades, especialmente en los países en vías de desarrollo, la gestión de los lodos fecales es uno de los problemas de salud más importantes. La digestión anaeróbica es una opción que podría implementarse en muchas plantas de tratamiento de aguas residuales para: i) reducir el volumen de lodos y los costos de su eliminación; ii) producir una fuente de energía verde (biogás); iii) usar material orgánico como fertilizante; y iv) eliminar patógenos. El biogás obtenido en plantas de tratamiento de aguas residuales comprende principalmente el metano y dióxido de carbono y es producido por la digestión de anaeróbicos o la fermentación de materiales biodegradables. El biogás puede ser vendido en forma de gas para la calefacción y cocción, como combustible para vehículos o para generación eléctrica, o puede ser quemado en el lugar para producir electricidad y calor para la misma planta de tratamiento. El lodo restante se puede vender como fertilizante para fines agrícolas. Lo que hace que esta práctica sea económicamente viable en el largo plazo depende del precio del gas y fertilizante. Hay varios beneficios ambientales: el biogás puede sustituir combustibles fósiles, lo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, y dada la disminución en el volumen de lodos después de la digestión, la vida útil de vertedero puede ser extendida (WWAP, 2014).

El tamaño de plantas de tratamiento de aguas residuales con digestores anaeróbicos varía considerablemente, con importantes economías de escala en términos de costo y consumo energético. Por ejemplo, La Farfana trata las aguas servidas de 50% de la población de Santiago de Chile (el equivalente de 3,7 millones de personas), y produce unos 24 millones de metros cúbicos por año de biogás. Este biogás se vende a una empresa de servicios públicos y reemplaza gas natural que se utiliza en los hogares, de alrededor de 100.000 personas en el área metropolitana.

## **B. Eficiencia energética y la demanda**

### **1. Aspectos morales y conductuales**

El regulador también puede diseñar políticas orientadas a modificar la conducta de los usuarios de los servicios (cambiar los hábitos de uso). Estos cambios si bien maduran a lo largo del tiempo y son procesos graduales, comienzan casi de manera inmediata a la puesta en marcha de las políticas.



La medida más efectiva en cuanto al ahorro energético es reducir el consumo de agua. La conservación del agua tiene un triple efecto en la energía: i) reduce la energía necesaria para la producción y distribución de agua potable; ii) disminuye la energía consumida por los usuarios (por ejemplo, calentar agua); y iii) baja la energía necesaria para la recolección y el tratamiento de las aguas residuales (Global Water Research Coalition, 2008). Además, otra importante ventaja de reducir la demanda es su fuerte impacto en el corto plazo, que trae aparejado un beneficio ambiental al disminuir la captación de agua cruda, y simultáneamente un aumento de la capacidad real de producción del sistema y por lo tanto pueden postergarse nuevas inversiones en ampliación de la capacidad, lo que implica además el ahorro de la energía asociada a la construcción de las plantas. Para algunas de estas políticas, puede ser necesaria coordinación con otras autoridades.

Los tipos de programas orientados a disminuir el consumo mediante incentivos morales y conductuales, son los siguientes (James, Campbell y Godlove, 2003):

- Educación. Concientización de la importancia del uso racional del agua y difusión de buenas prácticas mediante<sup>30</sup>: publicidad en medios de comunicación; charlas educativas y preparación de materiales para incluirlos en los planes de estudio en las escuelas; stands en eventos de la comunidad, talleres de trabajo para plomeros, jardineros y constructores; y difusión de sugerencias en las facturas. Muchas veces los programas funcionan de manera integrada. Pueden aportar información útil para los usuarios respecto del conjunto de hábitos que no son buenos para el medioambiente y los programas de promoción de equipos para uso eficiente del agua pueden poner a disposición del usuario los elementos para llevar a cabo el cambio de hábitos.
- Auditorías del agua. La mejor información sobre los consumos puede funcionar como catalizador de medidas tendientes a reducir el consumo. Son especialmente útiles en los usuarios industriales.
- Equipos para el uso eficiente del agua. La empresa puede ofrecer a los clientes equipos gratuitos o a muy bajo costo. Las barreras que existen para la adopción de dispositivos de ahorro de agua son la falta de conciencia, el costo percibido, la motivación y los mitos en torno a lo que puede ser ahorrado. La instalación de equipos eficientes tiene costos muy bajos y los cambios hacia este tipo de equipamiento no responden tanto a motivaciones monetarias sino a actitudes conscientes y responsables con el medioambiente (Millock y Nauges, 2010).
- Programas de descuento o instalación. Los prestadores pueden ofrecer cubrir parte o todos los costos del equipo para ahorro de agua, así como la instalación de artefactos como aireadores y sanitarios de descarga ultrabaja, y el regulador puede actuar en la fijación de estándares mínimos en nuevas construcciones de viviendas o fabricación de artefactos.
- Reutilización de aguas residuales. Es especialmente válido en el caso de los usuarios no residenciales: muchos procesos industriales pueden realizarse con agua reciclada que es menos costosa dado que no se requiere que sea potable. El agua gris puede ser recolectada internamente como compra de fuentes externas.
- Etiquetar. De forma análoga al sector energético, podrían desarrollarse etiquetas de “eficiencia hídrica” para algunos productos como lavarropas y lavavajillas, que evalúen y brinden información a los usuarios respecto del nivel de consumo de agua y energía en términos absolutos, y también en términos relativos respecto a otros productos de semejantes características<sup>31</sup>. Las etiquetas pueden ser de dos tipos: i) aquellas que identifican productos

<sup>30</sup> En Edimburgo, la preocupación por las conductas de uso eficiente de agua se ha incrementado significativamente como resultado de campañas de comunicación sobre cómo utilizar el agua y sus formas de ahorro (Energy Saving Trust, 2010). La proporción de consumidores que hicieron asociación espontánea entre el uso del agua y el ahorro de energía se incrementó de 10% a 16%.

<sup>31</sup> En los Estados Unidos, la Ley Nacional de Conservación de la Energía en Electrodomésticos (*National Appliance Energy Conservation Act*) de 1987 estableció las normas obligatorias de eficiencia energética para lavarropas y lavavajillas, y la Ley de Política Energética (*Energy Policy Act*) de 1992 para las duchas, grifos e inodoros. Estas normas requerían que las descargas de los inodoros no tuvieran un caudal superior a 6,1 litros, en comparación con los diseños anteriores que utilizaban 13,2 litros.

especialmente eficientes; y ii) comparativas, donde se informa el nivel de eficiencia energética en relación con otros productos de la misma categoría (Lopes y otros, 2005).

## 2. Aspectos económicos en el cálculo tarifario e incentivos

Desde el punto de vista de la teoría, si se quisiera desalentar una actividad, se buscaría la manera de hacer subir el precio del bien. El problema que existe con los servicios de agua potable y alcantarillado es que la facturación no suele ser medida en muchos casos, con lo cual no hay respuesta en los consumos ante variaciones en la tarifa. La segunda dificultad es que la demanda de agua potable suele tener una elasticidad relativamente baja. Esto significa que ante aumentos en el precio del metro cúbico la cantidad demandada cae levemente: entre -3 y -6%, ante aumentos de 10% en la tarifa (Nauges y Whittington, 2010). Para otros usos como riego o demanda de verano, existen valores sustancialmente más altos.

La estimación de demanda que relaciona cantidad con precio, requiere de medición de consumos, por lo que sólo es posible con micro-medición. La falta de micro-medición resulta en el tratamiento del agua potable por parte del consumidor como un bien libre, cuyo consumo no representa un costo. Esto lleva en la mayoría de los casos a un consumo excesivo (Ferro y Lentini, 2013). Con el consumo no medido, no existe posibilidad de exclusión, aparece ineficiencia asignativa (no existe precio como señal de asignación de recursos) y no se puede estimar demanda (no hay relación entre precio y cantidad).

La micro-medición es una condición necesaria para lograr la eficiencia en la provisión del servicio. Sin micro-medición, no se puede conocer la magnitud real de las fugas y se derrocha el agua, ya que el consumidor recibe ésta a un costo marginal cero. Este hecho implica que cualquier gasto necesario para reparar artefactos dañados resulta más costoso que dejar que continúen las pérdidas de agua. Las pérdidas y derroches restan presión al sistema, requiriéndose más energía para mantener sus niveles. La capacidad instalada se sobredimensiona, y se introduce una forma perversa de subsidios cruzados: aquellos usuarios que cuidan el recurso, subsidian a aquellos que lo derrochan.

El consumo de agua depende no sólo del precio, sino también de una multiplicidad de factores tales como clima, nivel de ingreso, etc. La interacción entre estos distintos componentes es la que determina la demanda de agua en una zona, para un tipo de consumidor determinado. Una parte importante de la demanda total de agua viene determinada por el tamaño, composición y densidad de la población (tanto en términos de personas por hogar, como hogares por área).

El nivel de ingreso influye en la demanda a través de distintos mecanismos. Por un lado, a mayor nivel de ingreso, es de esperar un mayor consumo de agua potable como resultado de la disminución de la restricción presupuestaria. Existen también efectos indirectos tales como los de ocupación de la vivienda. A mayor nivel de ingreso, aumenta la superficie media de la vivienda por persona y mejora su equipamiento, con lo que el consumo de agua por habitante se incrementaría. Una baja de consumo se observaría cuando el aumento del ingreso permitiera renovar equipamiento hacia uno más eficiente en el uso de agua potable. Se espera que los efectos indirectos se observen más en el largo plazo (instancia en que se renuevan los equipos) que en el corto plazo.

La tecnología disponible es un elemento importante en la determinación de la demanda, particularmente en el caso de consumidores industriales. Existe en general, la posibilidad de sustituir costos variables por costos de capital. Es decir, se puede tener una tecnología con menor consumo, a costa de invertir más en equipamiento (reciclado de agua). Aumentos sustanciales del precio del agua, pueden resultar en un cambio fuerte en el patrón de consumo, como resultado de efectos de este tipo, por lo que las posibles estrategias de conservación y reciclado de agua por parte de la industria, pueden constituir un límite superior a la tarifa de usuarios industriales.

Sectores productivos presentan diferencias en cuanto al uso de agua y en la elasticidad precio. Una variación en la estructura productiva (mayor crecimiento de ciertos sectores), puede tener un fuerte impacto sobre la demanda de agua.

Se destacan dos fenómenos diferentes: por un lado, la elasticidad precio industrial aparece como sustancialmente más alta que la residencial; por otro, la elasticidad precio presenta fuertes variaciones entre las distintas industrias y sectores. Esta mayor elasticidad está en parte asociada a la mayor

disponibilidad de sustitutos en términos de fuentes alternativas de agua y planes de su conservación o reciclado. Esto puede constituir un límite importante a la capacidad de financiar subsidios cruzados de la industria al sector residencial.

En resumen, las implicaciones de política pública denotan reacción a precios, pero baja elasticidad. Se pueden reducir las cantidades consumidas si los precios suben, pero a medida que se reducen consumos menos imprescindibles, se hace más difícil reducir consumos más necesarios. La elasticidad ingreso es positiva, pero baja. Los incentivos económicos para limitar el despilfarro o racionar la escasez funcionan. Además, la demanda de los usuarios residenciales tiene elasticidades precio menores que la de los no residenciales, los cuales tienen en el límite la posibilidad de considerar como sustituto la fuente de abastecimiento propia. En el caso residencial, tarifas crecientes originarán reducciones de consumo hasta cierto punto y disminución de los usuarios a partir de cierto umbral. Las conexiones clandestinas y la morosidad son en parte respuestas a precios relativos muy altos, para clientes que no tienen demasiadas alternativas de abastecimiento.

Las posibilidades de considerar la eficiencia energética en el cálculo tarifario e introducir incentivos se pueden agrupar entonces en:

- Ahorro energético manteniendo la producción:
  - con financiamiento propio;
  - con financiamiento subsidiado; y
  - con financiamiento externo.
- Ahorro energético reduciendo la producción:
  - por control de pérdidas; y
  - por disminución de consumo.

En detalle:

1a) Ahorro energético, manteniendo la producción, con financiamiento propio. Los posibles mecanismos de financiamiento a cargo de los usuarios, incluyen las siguientes opciones: i) cargo adicional (no tarifario) que pagan los usuarios para reunir fondos para los programas de eficiencia energética; ii) revisión tarifaria (se considera al programa de eficiencia energética como un gasto en la revisión tarifaria); iii) traspaso directo de costos; y iv) capitalización (programas de eficiencia energética se consideran una inversión en un activo físico por lo que se le suman los costos de amortización y una tasa de retorno sobre ese capital (Columbia Center for Climate Change Law, 2012)).

En general, el nivel meta de eficiencia energética depende de cuál sea el objetivo a alcanzar de acuerdo a la situación inicial. El nivel de gastos varía significativamente entre los distintos países y depende de múltiples factores. Debe asegurarse que las tecnologías implementadas sean costo-efectivas. Las propuestas para efectuar el cálculo se basan en metodologías de costos evitados, por lo que el análisis costo-beneficio está fuertemente influenciado por los supuestos metodológicos y componentes evaluados; cada regulador debe establecer el balance deseado entre exactitud y simplicidad del cálculo.

1b) Ahorro energético, manteniendo la producción, con financiamiento subsidiado. El apoyo fiscal para reducir los costos asociados a la promoción de la eficiencia energética puede adoptar varias formas (Price y otros, 2005):

- Subsidios. Fondos públicos destinados a financiar los proyectos que los prestadores de otro modo no llevarían a cabo. Pueden instrumentarse a través de un monto fijo, un porcentaje de la inversión o en proporción al potencial de ahorro.
- Auditorías energéticas subsidiadas. El Estado subsidia, total o parcialmente, la realización de auditorías energéticas para reducir los costos de implementación de las mejoras. Además, puede contar con especialistas que provean soporte técnico.
- Préstamos blandos. Destinados a reemplazar equipamiento por dispositivos que ahorran agua.

- Búsqueda indirecta de apoyo financiero a través de empresas de control de servicios energéticos (ESCOs, de las cuales existen algunas en la región, particularmente en el Brasil). Estas empresas se encargan de la identificación del proyecto, su diseño, instalación, mantenimiento y monitoreo y evaluación de los ahorros energéticos. Celebran contratos con los prestadores donde garantizan ciertos niveles de ahorro y contribuyen a encontrar financiamiento para implementar los proyectos, que suelen requerir recambio de equipos. Existen dos modelos básicos de contratos de rendimiento energético (GO Brazil Asociados, 2013):
  - Modelo de ahorro garantizado: El préstamo va al balance general del prestador. En este tipo de contratos, la ESCO diseña e implementa el proyecto del prestador, que a su vez le paga a la ESCO utilizando la financiación obtenida.
  - Modelo de ahorro compartido: La financiación va a la ESCO, ésta ayuda a financiar el proyecto y recibe compensación por la energía ahorrada.

La existencia de ESCOs tiene una importante implicación para la política regulatoria. Los prestadores pueden subcontratar a estas firmas especializadas y no tienen necesidad de montar una estructura de técnicos dedicados a la eficiencia energética con recursos propios.

- Otorgamiento de garantías. Los bancos utilizan garantías para cubrir el riesgo crediticio asociado al financiamiento de proyectos de eficiencia energética.
- Fondos rotativos. La particularidad es que la devolución de estos préstamos se destina al financiamiento de nuevos proyectos, y así se retroalimentan los fondos disponibles. El capital inicial suele ser donado por el Estado o prestado a tasa muy baja por un banco de fomento.

1c) Ahorro energético, manteniendo la producción, con financiamiento externo. Algunos de los beneficios impositivos que pueden implementarse para inducir movimientos de los prestadores en dirección hacia mayor eficiencia energética son: i) depreciación acelerada (por ejemplo, puede permitirse la depreciación de los equipos de mayor eficiencia energética a una tasa anual superior a la normalmente admisible); ii) reducción impositiva (se permite deducir del impuesto de la empresa una parte de lo invertido); y iii) exención impositiva (por ejemplo, en la importación de aquellos equipos que tengan determinado nivel de eficiencia energética). Estas medidas abaratan los cambios de equipos hacia modelos más eficientes.

2a) Ahorro energético, reduciendo la producción, por control de pérdidas. La cuestión del ANC, es una donde el papel de los incentivos tiene mucho para aportar. El prestador puede “solucionar” el problema cargándose a las cuentas de los usuarios. Desde el punto de vista de recuperación de costos y sostenibilidad de la empresa, tal mecanismo introduciría un incentivo a no disminuir el ANC, porque caerían las ventas. El nivel óptimo de ANC no va a ser cero sino que va a depender del balance entre valor monetario del ahorro o ingreso marginal que implica la reducción de una unidad adicional de ANC y el gasto en equipos, materiales y mano de obra para lograr tal reducción.

2b) Ahorro energético, reduciendo la producción, por disminución de consumo (a través de impuestos, cargos y tarifas). Los servicios de agua potable y alcantarillado no son un bien público (aquel donde el consumo es no rival y no puede excluirse a los usuarios de su goce), pero se le reconocen fuertes externalidades en materia de salud pública. Se considera un objetivo de Estado difundir la cobertura y controlar la calidad del suministro, características que lo transforman en un bien meritario o preferente; es decir, aquel que por un consenso social va a ser provisto con intervención pública, sea en la regulación o en la provisión directa, dado que se le da prioridad colectiva.

La disciplina económica se preocupa, entre otros temas, por las interacciones nopreciadas en el mercado: efectos externos o externalidades. Una solución para las externalidades negativas (como el consumo excesivo de algo que se desea desalentar) es colocarles impuestos (pigouvianos) o cargos, tal que los costos marginales de producción reflejen los recursos reales que la sociedad sacrifica en la producción del bien que genera estos efectos. De ese modo, enfrentados los productores a los verdaderos costos, la producción se reduce a valores socialmente óptimos. En el caso de las externalidades positivas, se está produciendo demasiado poco del bien que las genera y es deseable el subsidio (pigouviano) a la

oferta, de modo que los menores costos (sociales) de producir el bien sean internalizados por los productores, y estos se vean incentivados a producir más.

Impuestos y otros instrumentos que aumentan el costo de la energía incluyen las siguientes opciones: i) impuestos ambientales que internalizan las externalidades ambientales; ii) multas por contaminación que no están directamente asociadas al consumo de energía; y iii) penalización por usos abusivos, como lavado indiscriminado de veredas en días y horarios no autorizados (Price y otros, 2005).

Nadel y Farley (2013) recomiendan que para promover la eficiencia energética se implementen ciertas reformas tributarias (algunas de ellas pueden ser contempladas en la metodología de revisión tarifaria): i) adaptar los períodos de depreciación para que reflejen de manera más precisa el tiempo de servicio promedio de los equipos; ii) refinar los estímulos tributarios existentes en eficiencia energética; iii) promover el reemplazo de equipamiento viejo; iv) poner precio a las emisiones; v) considerar formas de remover los desincentivos a realizar inversiones en eficiencia energética (por ejemplo, si la energía es deducible del impuesto a la renta, entonces las firmas tendrán menos incentivos para reducir el consumo); y vi) eliminar o reducir subsidios que apuntan a la industria intensiva en energía fósil.

Con relación a las medidas para desalentar el despilfarro del agua, se pueden poner sobrecargos sobre ciertos niveles de consumo, que implican modificadores sobre la tarifa de referencia. El uso de bloques crecientes en principio tiene ese espíritu, suponiendo que por cada unidad o cliente los consumos por encima de ciertos volúmenes tengan el carácter de despilfarro. Sin embargo, la presunción anterior admite matices: en las unidades familiares los umbrales establecidos podrían superarse por el sólo hecho de que la familia fuera muy numerosa, aun cuando los consumos no adquirieran el carácter de despilfarro o suntuarios, y probablemente coincidan dichas familias con hogares pobres.

El calificativo suntuario requiere una definición precisa: se propone definir como tal al consumo que excede el uso para bebida, cocina, higiene personal, lavado de ropa y de la vivienda sobre base de promedios por habitante. Se consideran “suntuarios” consumos para lavado de vehículos, riego de jardines y llenado de piscinas. Se califica como despilfarro el consumo por fallas de instalaciones internas que motiven pérdidas en las viviendas. También puede comprender el uso descuidado o excesivo de los servicios.

Controlar el despilfarro así definido, significa para los hogares un cálculo costo-beneficio de efectuar reparaciones que detengan pérdidas debidas a desperfectos o mal funcionamiento de instalaciones. Puede ser un gasto único contra flujos de ahorro futuro. En tanto, limitar el consumo suntuario implica adoptar y mantener nuevos hábitos de conducta en el tiempo. En ambos casos, el prestador puede ofrecer asesoramiento a los usuarios sobre cómo controlar pérdidas, cómo reducir consumos suntuarios o mero despilfarro, valorizándolos además en términos de lo que pueden ahorrarse en la factura (por ejemplo, “una ducha cuesta tanto dinero por ese lapso transcurrido”).

En el caso de clientes no residenciales, la consideración es diferente, dado que el agua puede usarse como un insumo para el proceso productivo. Aquí los umbrales y los bloques crecientes no implican un desaliento al despilfarro o al uso suntuario.

Debe distinguirse la capacidad de respuesta de los clientes: hay clientes que frente a aumentos de precios tienen capacidad de reducir consumos y los que no. Los primeros son los de demanda elástica al precio. Se inscriben dentro de esta categoría los usuarios no residenciales en general (tanto más, cuánto más dependan del agua como insumo) y los residenciales donde los consumos excesivos no provienen de la composición familiar y sí de los usos más suntuarios.

La equidad obliga a tener en cuenta el caso de las familias numerosas pobres (el riesgo es que se subsidien consumos suntuarios de los ricos) y a contemplar los consumos elásticos en el diseño tarifario para no residenciales. La clave en atender adecuadamente el problema de la pobreza (minimizar el error de exclusión), sin gran riesgo de subsidiar a los ricos (error de inclusión), pasa por definir adecuadamente el umbral de consumo subsidiado.

En el cuadro 10 se presentan instrumentos para dar señales para racionalizar el consumo de agua.

## C. Coordinación con otros reguladores (y sectores)

La interdependencia de los servicios de agua potable y alcantarillado y el sector energético requiere del estudio y eventualmente su coordinación simultánea. Durante las puntas de demanda de energía se puede evitar producir agua potable, o se puede aprovechar de la capacidad de generación energética de los prestadores, como así también gestionar mayor capacidad de reserva de agua (Kenway y otros, 2011).

Retamal y otros (2008) enfatizan planificación integral y beneficios compartidos, para lo cual hay varias posibilidades. Una de ellas es la coinversión de las empresas eléctricas y prestadores de servicios en programas de reducción de consumos y maximización de eficiencia. En segundo lugar, el reconocimiento de los beneficios de reducir la cantidad de uso de agua: i) disminuye la punta de carga del sistema, que es el agua más cara de proveer; ii) de forma semejante reduce la punta de volumen energético que también es el más costoso; y iii) cae el volumen de aguas servidas y por lo tanto reduce el daño ambiental y costos asociados al tratamiento. Además, se necesita la búsqueda de sinergias en el sistema de producción de agua y energía de forma tal que la producción de agua también sea generadora y no consumidora neta. Por ejemplo, las plantas de energía termoeléctrica pueden usar agua salada o salobre para su sistema de refrigeración y luego descargar el agua caliente en una planta desalinizadora para su reúso, reduciendo la necesidad energética de la misma.

**CUADRO 10**  
**¿CÓMO DAR SEÑALES EFICIENTES AL CONSUMO DE AGUA PARA APOYAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA?**

Ventajas	Desventajas	Dilemas	Posibles soluciones
Penalizaciones al despilfarro, aproximadas por el uso de bloques crecientes a usos residenciales			
Desalentar el despilfarro en clientes residenciales que pueden controlar sus consumos	Efectos indeseados sobre familias numerosas pobres	Equidad en los residenciales	Razonabilidad en la determinación del primer bloque con progresividad moderada en los siguientes
Encarecer los usos suntuarios			
Cobrar más los consumos suntuarios	Consecuencias no buscadas sobre clientes no residenciales con uso intensivo de agua como insumo	Consumidores no residenciales con demanda elástica pueden migrar a aprovisionamiento propio	Último bloque de altísimos consumos más barato (para industrias que usan el agua como insumo)
Minimizar cargos fijos e incluir en cargo variable (volumétrico)			
Evita desconexiones de clientes muy pobres	Puede afectar la sostenibilidad del prestador	Balance entre recuperación de costos fijos y minimización de usuarios excluidos	Cargos fijos menores para clientes sociales

Fuente: Elaboración propia.

El nexo de los recursos de agua y energía, así como su interdependencia no sólo se da desde su uso como en el enfoque de “bombas y turbinas” (donde las bombas de agua necesitan electricidad y las turbinas eléctricas necesitan agua), sino también a través de las instituciones que los organizan. Suele ocurrir que la prestación de servicios de agua potable y alcantarillado recae sobre niveles de gobierno locales, mientras que la administración de los recursos energéticos se hace en nivel superiores de gobierno. Esto implica que lograr usos eficientes de los recursos de agua y energía necesariamente requiere de la coordinación de varios niveles de gobierno (Scott y otros, 2011).

Young (2013) sugiere que tanto en el sector de agua potable y alcantarillado como en el de electricidad hay grandes oportunidades para que los prestadores diseñen y administren programas de ahorro de agua y energía de manera conjunta. Como primer paso para la implementación de estos programas conjuntos, los reguladores de agua potable y electricidad deberían incrementar la colaboración por medio de: i) dialogar acerca de las oportunidades de colaboración y establecer

relaciones; ii) crear una asociación de prestadores para difundir mensajes conjuntos; iii) colaborar para identificar oportunidades comunes de financiamiento; iv) desarrollar un formato para cálculos de ahorro de energía para los programas de agua potable y alcantarillado (y viceversa); v) trabajar con los reguladores del sector energético para producir ahorros de energía derivados de programas de eficiencia en agua (y viceversa); y vi) crear una estrategia con metas mensurables, claramente comunicada, para ayudar a establecer las prioridades y cimentar los roles.

La capacidad efectiva de actores públicos y privados relacionados con la promoción y desarrollo de programas de eficiencia energética depende de: i) el apoyo político de los gobiernos; ii) la continuidad en el esfuerzo y en las estructuras que atienden el tema; iii) la capacidad de acceder a financiamiento; y iv) la transmisión de información acerca de “qué se puede hacer” en cada sector de consumo para desarrollar acciones de eficiencia energética.

Carpio y Coviello (2013) identifican barreras que dificultan el desarrollo de los programas de eficiencia energética, las cuales pueden ser agrupadas en cuatro categorías:

- Barreras institucionales: i) falta de continuidad en las políticas e instituciones (que conlleva la salida o rotación de personal capacitado); y ii) ubicación poco visible del área responsable, por bajo perfil en los organigramas ministeriales (por ejemplo, dependencia, apéndice o subproducto de la política ambiental, como programas de producción limpia).
- Barreras normativas: insuficientes regulaciones para inducir acciones y proyectos.
- Barreras económicas: i) tecnologías de ahorro energético que no son accesibles para gran parte de la población; ii) las tarifas de la energía no representan adecuadamente el costo de ponerla a disposición en el mercado por la existencia de subsidios; iii) decisiones relacionadas a invertir o no en proyectos de eficiencia energética considerando únicamente el costo inicial de un equipo eficiente, sin tomar en cuenta el gasto operativo (consumo energético); y iv) escasa disponibilidad de fondos para estos fines y con altas tasas de interés.
- Barreras vinculadas a la difusión y capacitación: i) insuficiente conocimiento en todos los estratos sociales de las tecnologías para ahorro de energía y sus beneficios; ii) la promoción de políticas de eficiencia energética es financiada a veces por la cooperación internacional, sin la conveniente articulación con los gobiernos nacionales y locales, lo que genera duplicación de esfuerzos y no garantiza la sustentabilidad de las medidas; iii) falta de confianza, en el mundo de los negocios, especialmente a nivel de pequeñas y medianas empresas, respecto de la asistencia técnica por parte de expertos en ahorro de energía; y iv) falta de desarrollo de indicadores que reflejen la evolución de los programas.

Algunas de las recomendaciones de política y temas con relación a la implementación en la región de programas de eficiencia energética en sentido amplio (Carpio y Coviello, 2013), pero que también pueden tener cierta adaptación para el sector de agua potable y alcantarillado, son las siguientes:

- Instituciones. Necesidad de instituciones que diseñen, implanten y operen programas de forma estable y continua para el logro de resultados concretos en materia de uso racional y eficiente de la energía. Acompañar con el desarrollo de capacidades institucionales descentralizadas. Fortalecer los marcos regulatorios.
- Potencial de ahorro. Existe un potencial de ahorro en la demanda de los usuarios, cuyo comportamiento podría ser modificado con cambios en las políticas y regímenes tarifarios y subsidios, pautas de consumo y en la utilización de artefactos especialmente concebidos.
- Información y capacitación. Generar más y mejores indicadores de gestión empresarial y de política pública. Mayor capacitación, entrenamiento e información al público. Implementación de normas y estándares de eficiencia para la regulación y la difusión pública. Existe poca cantidad de profesionales y técnicos especializados en la materia.
- Financiamiento. Mejorar la articulación del financiamiento privado con las oportunidades de ahorro de energía. Hay un escaso o nulo desarrollo de mercado para empresas de servicios

energéticos. Habría que elaborar la aplicación de todo esto al sector de agua potable y alcantarillado, idealmente en relación con la política regulatoria.

En la mayoría los países de la región en los últimos años se evidencian avances en la promoción e implementación de medidas de eficiencia energética, que se han plasmado en (Carpio y Coviello, 2013):

- Fortalecimiento institucional. Consolidación y creación de organismos e institutos especializados en la eficiencia energética (Bolivia, Brasil<sup>32</sup>, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, México y Venezuela).
- Consolidación del marco normativo. A los países que ya contaban con normativa en materia de la eficiencia energética (Brasil, Colombia y Costa Rica), se sumaron otros que sancionaron nuevas leyes sobre la temática (Panamá, Perú, Uruguay y Venezuela) o que están trabajando en tales reformas o iniciativas (Argentina, El Salvador, Granada, Guatemala, Nicaragua y la República Dominicana).

Uno de los principales objetivos de la función de los reguladores sectoriales es determinar los valores tarifarios de los servicios sobre la base de “costos eficientes”, ya sean estos operativos, de mantenimiento o de inversiones en instalaciones y equipos. En este sentido, con relación a la energía eléctrica, correspondería que el regulador definiera, por ejemplo, para instalaciones internas y aparatos sanitarios, las normas técnicas, y estableciera los incentivos para las inversiones en obras, instalaciones y equipos, la programación de las actividades de rehabilitación, renovación y mantenimiento, así como las prácticas de gestión tendientes a alcanzar mejoras de los niveles de eficiencia energética.

Las metodologías de cómputo de los costos eficientes en las tarifas, así como los mecanismos de incentivos a la eficiencia y su potencia, dependerán del tipo de regulación tarifaria que se aplique. En las regulaciones del tipo “precio tope” (“*price-cap*”), en las revisiones tarifarias debería profundizarse el análisis de la selección e impacto de las obras, equipos y acciones para minimizar los costos de energía. Un punto interesante es el diseño de cláusulas de traspaso de costos (“*cost pass-through*”). Estas cláusulas tienen por objeto permitir el traslado, con cierta automaticidad, de la variación en el precio de los insumos a las tarifas<sup>33</sup>. De esta manera se logra mayor eficiencia asignativa (mayor correspondencia entre el valor de la tarifa y los costos incurridos). Este traslado funciona como un seguro para el prestador porque al asociar de manera más precisa los ingresos a los costos se acota la variabilidad de sus beneficios. La contracara es la pérdida de eficiencia productiva (combinación de insumos que minimiza los costos). Asegurar parte de los beneficios relaja los incentivos para ahorrar costos porque de todo el esfuerzo que el prestador haga en reducir sus costos sólo se traducirá en mayores beneficios aquella parte que no resulte en menores tarifas. Por ejemplo, si a los prestadores se les reconociera el aumento automático del precio de la energía en la tarifa, entonces podrían no tener incentivos a reducir

<sup>32</sup> Brasil ha sido pionero en este sentido. En 1985, el Ministerio de Minas y Energía creó el Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (PROCEL). Desde 1996, PROCEL ha estado trabajando en el sector de agua potable y saneamiento, pero su enfoque se había limitado al uso eficiente de la electricidad en los sistemas de moto-bombas. En 2003, se amplió al Programa de Eficiencia Energética en Saneamiento Ambiental (PROCEL Sanear), que opera conjuntamente con el Programa Nacional de Lucha contra el Derroche de Agua (PNCDA) y el Programa de Modernización del Sector Saneamiento (PMSS). Esta ampliación ha permitido incorporar acciones relacionadas con la conservación del agua, con el objetivo de integrar tanto el uso como la conservación de agua y energía. Como resultado de las acciones del PROCEL Sanear, se creó la Red de Laboratorios de Eficiencia Energética en Saneamiento (LENHS). Esta red desarrolla servicios especializados, enseñanza, investigación y extensión relacionadas con el uso eficiente de la energía y el agua en el sector con el objeto de generar ahorros por intermedio de la reducción o eliminación de derroches e incrementar la eficiencia energética e hidráulica de los sistemas y equipos reduciendo los costos y aumentando la competitividad sectorial.

<sup>33</sup> En el Brasil, se reconocen dos tipos de costos que pueden ser pasados a tarifas a través de “ajustes anuales”. El primero son costos no controlables, que incluyen los impuestos y cargas sociales, los materiales para tratamiento y la energía eléctrica, y el cobro por el uso del recurso hídrico. Está permitido que estos costos sean pasados inmediatamente o retroactivamente sobre una base uno por uno. El segundo tipo son costos controlables, que incluyen implícitamente todos los gastos restantes de explotación. Se ajustan anualmente con algún índice de inflación menos un “factor X” de ganancia de eficiencia. Por lo tanto, una compañía puede ampliar márgenes permitiendo que estos costos aumenten menos que la inflación. Una de las ventajas de este sistema es que quita incertidumbre sobre la sostenibilidad de la empresa al cubrirla de variaciones de costos no controladas y le pone presión con indexación a un índice no manipulable sobre la parte de costos que el esfuerzo gerencial puede controlar. La definición de costos no controlables es discutible. Por ejemplo, el precio de la energía eléctrica se podría negociar con la distribuidora y lo mismo ocurre con los productos químicos.



las pérdidas de red ya que su detección y control es una actividad intensiva en trabajo (que paga el prestador) mientras que las pérdidas demandan más energía para bombeo (que paga el usuario).

En el caso del método de regulación de “empresa modelo” o “empresa de referencia”, las pautas de eficiencia son incorporadas por el regulador en la “construcción” de la “empresa modelo” que confrontará con la propuesta de la empresa en la revisión tarifaria. La adopción de la solución más eficiente por parte de la “empresa modelo” constituye un poderoso incentivo para que la empresa real acomode su operación, y de paso sancione las decisiones adoptadas en contrario (Hantke Domas, 2011).

Una particularidad en lo que respecta a la regulación tarifaria y que tiene vinculación con actividades que representan una mejora en la eficiencia energética, es el tratamiento de la venta de biogás o de agua de reúso proveniente del tratamiento de aguas residuales. El considerar a estas actividades como reguladas o no y por ende computar o no los respectivos costos e ingresos, incidirá en el grado del incentivo que recibirá la empresa para desarrollar o invertir en este tipo de proyectos. Si se le permite, por lo menos hasta la próxima revisión tarifaria, apropiarse de las ganancias de eficiencia, los prestadores tendrán fuertes incentivos a realizar este tipo de inversiones<sup>34</sup>.

Las reglamentaciones que se apliquen con relación a la eficiencia energética de los prestadores pueden impactar tanto en los costos operativos como en los niveles de inversión. En consecuencia, los resultados o previsiones futuras en la materia incidirán en la determinación de los valores tarifarios de los servicios. Por esta razón, y en general, las metodologías tarifarias que prevén los marcos regulatorios o los contratos de prestación incluyen la desagregación, en mayor o menor medida, del gasto en energía eléctrica, debido a la significación de este rubro en el total de costos operativos (generalmente con participación menor que el rubro personal y compartiendo relevancia con el gasto en insumos químicos).

Las inversiones que impactan en mejoras de eficiencia energética, no siempre se encuentran identificadas, porque en muchos casos la decisión de invertir no está directamente vinculada o motivada por el ahorro de costos energéticos. El financiamiento de estas inversiones, que en principio estaría a cargo de los usuarios, la empresa lo usa como insumo, por lo que hay un costo ligado a las inversiones y un beneficio de enfrentar menores facturas de electricidad, mayor confiabilidad en el sistema y mejores condiciones ambientales (Columbia Center for Climate Change Law, 2012).

Alternativo a lo anterior es que el financiamiento para programas de eficiencia energética provenga de una fuente externa que tiene interés en determinados resultados (presupuesto gubernamental, financiamiento multilateral, etc.). James, Campbell y Godlove (2003) señalan que los municipios tienen la opción de utilizar los diversos códigos de construcción, plomería y reconversión para mejorar el uso eficiente del agua. Por lo menos, estos códigos no deben obstaculizar la sustitución de duchas y grifos para cocina y baño por equipos más eficiente. Como una estrategia más agresiva, un regulador puede promulgar normas para los aparatos electrodomésticos que utilizan agua en los edificios nuevos y los de propiedad del gobierno, y obligar a la reconversión de edificios para lograr una mayor eficiencia en el uso del agua. También pueden formularse requisitos municipales para el diseño de jardines, drenaje y riego en áreas de nuevo desarrollo y espacios públicos.

## D. Esquemas de implementación

Supongamos que en un país hay una política global de promoción de eficiencia energética y que el regulador asume la responsabilidad de promover la misma en el sector del cual se ocupa. ¿Cuál sería un programa de trabajo razonable?

Se puede pensar en una secuencia de acciones impulsadas por el regulador sectorial en coordinación con el prestador. Necesariamente la fase inicial tiene que ser de diagnóstico. La primera

<sup>34</sup> En Chile, los prestadores realizan actividades relacionadas con su giro que no están sujetas a regulación tarifaria, y por esta vía se vende, entre otros, las aguas servidas tratadas y el biogás. En relación a la venta de aguas servidas, el regulador del sector (Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS) aplica un descuento a los ingresos de autofinanciamiento de la “empresa modelo” cuando tiene la certeza de que la prestación está siendo realizada por la compañía real.

medida concreta consiste en determinar fehacientemente el consumo global, por etapas y procesos, para continuar con la identificación de áreas claves de mejoras. El conjunto de acciones que se pueden implementar consta de programas tanto por el lado de la oferta como de la demanda, los cuales se listan a continuación:

- Diagnóstico. Las áreas claves para buscar ahorros por el lado de la oferta están en el bombeo tanto del agua cruda como del agua potabilizada, y en la etapa de conducción de aguas residuales y tratamiento. Lo anterior con la salvedad de que el consumo de electricidad depende del relieve, de la fuente y del nivel de tratamiento. El diagnóstico buscará oportunidades de cambiar equipos, repararlos, racionalizar su uso, etc. Puede requerir colaboración de la empresa con recursos propios o bien la subcontratación de consultores externos.
- Auditorías energéticas de equipos. La determinación del consumo energético de base por procesos, subprocesos y equipos, genera mejor información para la formulación de indicadores y objetivos, como así también permite distinguir conductas ineficientes y oportunidades de mejora.
- Control de pérdidas. Control de fugas dentro de un programa de reducción de pérdidas técnicas.
- Información y educación. Programas de información y educación para contener consumos irresponsables o erradicar malos hábitos.
- Difusión de la micro-medición. Exploración estratégica de difusión de la micro-medición allí donde no estuviera extendida. Si bien en el largo plazo puede ser ideal que la anterior fuera universal, si los niveles iniciales son bajos lo sensato es ir avanzando con clientes donde la presunción existente sea de alto consumo (industrias y otros no residenciales, residencias con amplios espacios verdes, etc.).
- Premios al ahorro y penalidades al consumo excesivo. Inclusión de incentivos de precios para la conservación dentro del régimen tarifario, contemplando premios y penalidades.
- Estándares para dispositivos y etiquetado obligatorio. Promoción de estándares de vivienda y aparatos o equipos que hagan uso eficiente del agua, y contemplar programas de recambio de equipos ineficientes por nuevos y más eficientes. Allí cabe negociar incentivos informativos, publicitarios, crediticios y fiscales con proveedores de insumos al sector, prestadores y clientes. Etiquetado obligatorio.

La implementación requiere en primer lugar realizar un inventario de recursos para llevar adelante mejoras, tanto en el regulador como en el prestador. Habrá que establecer normas, constituir comités de trabajo, establecer prioridades, armar un cronograma de trabajo, encomendar estudios y tomar decisiones sobre llevar a cabo medidas concretas, calculando previamente su costo-efectividad. Diferir o descartar las de menor impacto económico o mayor dificultad de implementación, realizar los programas, evaluar su desempeño, efectuar los ajustes necesarios. El proceso puede pensarse como una actividad secuencial, permanente y evolutiva, en el sentido de ir incluyendo nuevas posibilidades a medida que se van resolviendo viejos problemas y apareciendo situaciones novedosas.

El cuadro 11 reseña las medidas sugeridas y conjetura sobre su dificultad, costo, velocidad e impacto.

**CUADRO 11**  
**INVENTARIO DE MEDIDAS A IMPLEMENTAR POR EL REGULADOR**

Medidas	Dificultad	Costo	Velocidad	Impacto
Medidas por el lado de la oferta				
Programa de inspección, reparación y reemplazo de equipos (bombas, etc.)	Media	Medio	Alta, recuperación rápida de inversiones	Importante
Programa de detección de fugas y reducción de pérdidas técnicas	Creciente a medida que se resuelven los problema	Alto	Media	Muy importante dados los altos niveles iniciales de pérdidas
Programa de control de pérdidas comerciales	Media a alta según el contexto	Medio	Media	Dependiendo del contexto el impacto publicitario puede ser positivo o negativo
Medidas por el lado de la demanda				
Promoción y educación en el consumo responsable	Baja	Bajo	Alta	Dudoso, pero funciona como catalizador de otras iniciativas. Favorece la cohesión de los comités de trabajo y le da visibilidad al programa. Complementado con medidas más directas sobre los consumidores puede ser importante
Expansión de la micro-medición	Alta	Medio a alto	Media	Alto
Incentivos a la conservación dentro del régimen tarifario	Alta	Intensivo en esfuerzo intelectual, información, consensos y trabajo normativo	Media	Alta con adecuada difusión y complementación con oportunidades de ahorro para los clientes
Estándares de construcción de dispositivos que ahorren agua	Alta	Medio	Baja, con incidencia gradual	Media, creciente en el tiempo, requiere difusión y educación en su uso

Fuente: Elaboración propia.

## VI. Conclusiones y recomendaciones

---

Este documento efectúa análisis y propuestas regulatorias para mejorar la eficiencia energética de los prestadores de agua potable y alcantarillado en América Latina y el Caribe, dirigido a quienes son los encargados de definir regulaciones y tomar decisiones, así como todas las demás partes interesadas del sector privado y público. El primer objetivo de este estudio es contribuir al entendimiento de la problemática de la eficiencia energética en estos servicios. Un segundo objetivo, consiste en sugerir líneas de acción regulatorias para mejorar la eficiencia energética, que satisfagan estándares de racionalidad económica.

La significación de las mejoras de la eficiencia energética en los servicios de agua potable y alcantarillado y sus implicancias en lo que se refiere a la eficiencia económica de la prestación, así como a la protección de los recursos naturales y ambientales, justifican la creciente preocupación de los países y de los organismos internacionales por implementar y mejorar las políticas y regulaciones. Estos servicios poseen un potencial significativo para aumentar su eficiencia energética. Estos ahorros pueden originarse tanto del lado de la oferta como de la demanda.

Por el lado de la oferta, comprende fundamentalmente los ahorros de energía eléctrica que se pueden producir en la gestión de las empresas mediante la reducción de los requerimientos técnicos de energía a partir de la incorporación de equipos más eficientes, mejorar el mantenimiento de los existentes, cambios de tecnología de procesos y reducción de pérdidas técnicas por roturas o desperfectos. A su vez, los requerimientos de calidad pueden elevar las necesidades de energía por unidad de producto y los costos de la energía utilizada pueden variar, a partir del control de consumos en períodos punta y mejoras de las condiciones comerciales de abastecimiento eléctrico.

Por el lado de la demanda, abarca principalmente los ahorros de energía inducidos o provocados por la reducción del consumo de agua por parte de los usuarios (y el concomitante menor volumen de producción de los prestadores). Los principales factores que pueden incidir en este comportamiento son la medición de los consumos y un adecuado tratamiento de tarifas, subsidios y tributos, junto con cambios en el equipamiento del hogar incentivados por medidas fiscales, complementados con campañas educativas para reducir el derroche.

Se estima que los gastos de electricidad de los prestadores representan entre el 5% y el 30% de los costos totales de operación, considerando empresas de diversos países del mundo que presentan variadas

condiciones físicas y económicas. La distribución del costo o el consumo de electricidad entre el servicio de agua potable y el de alcantarillado muestra una alta variabilidad entre los prestadores, ya que esa distribución está en función de diversas condiciones en que operan los servicios (cobertura, intensidad de uso de bombeo, calidad del tratamiento, entre otros).

Especialmente en agua potable y en menor medida en el alcantarillado, una proporción significativa del consumo energético se localiza en la etapa de transporte y distribución o recolección, particularmente concentrada en la función de bombeo de los fluidos. En el servicio de alcantarillado, la etapa o función que demanda la mayor proporción de consumo eléctrico es el tratamiento de las aguas residuales; el tratamiento y disposición de lodos posee un consumo significativo, aunque también puede ser generador de energía.

Se ha estimado que desde el lado de la oferta, en países desarrollados, existe un potencial de ahorro de entre el 5% y el 15% del gasto total, y estudios empíricos avalan dichos valores, aunque en ciertas condiciones el porcentaje de ahorro podría ser más elevado. Con relación a los ahorros generados por el lado de la demanda, se presume que en ciertos casos pueden ser relativamente más importantes, aunque es muy difícil cuantificar este impacto de manera generalizada dada la cantidad y dispersión de los datos sobre los usos finales. En principio, si en países desarrollados se consideran aceptables pérdidas en red de 10 a 15% del agua producida, y en la región son comunes valores del triple de los anteriores, el margen de reducción de la producción (y demanda de energía para la misma) parece aún más grande que en el caso de medidas por el lado de la oferta. Los costos directos de programas de reducción de pérdidas son reconocidos como muy altos, aunque hay ahorros de capacidad de producción que demoran la necesidad de inversiones en el tiempo y que deben ser contrapesados con lo anterior.

Es importante tener en cuenta que con un programa de eficiencia energética que actúe tanto sobre la oferta como sobre la demanda, se corre el riesgo de reducir el volumen de ventas del prestador afectando su sostenibilidad financiera y en consecuencia requiriendo adecuaciones tarifarias, aun cuando este efecto sea en parte compensado por costos operativos más bajos.

Existen diferentes motivos por los cuales el nivel de eficiencia energética puede no ser el óptimo o deseado, ya sea por fallas o por barreras de mercado. Entre las primeras se cuentan la información indisponible, cara, de difícil interpretación o de mala calidad; externalidades ambientales; externalidades en la innovación; fallas en la oferta de energía; fallas de mercado en investigación y desarrollo; y restricción de liquidez, para financiar los cambios de equipos e instalaciones. En las barreras de mercado se incluyen la irreversibilidad y opción de espera; heterogeneidad en los usuarios de energía y ahorro menor al esperado sobre una base promedio; tasa de descuento; y fallas en la conducta.

Estas fallas y barreras de mercado justifican las políticas públicas para promover la eficiencia energética en las actividades sujetas a la regulación. Estas políticas incluirían aspectos tales como diseminación de información y etiquetado; estándares prescriptivos y de desempeño y regulación para influenciar el comportamiento, incluyendo monitoreo y control de cumplimiento; y mecanismos financieros y fiscales (subsidios, exenciones impositivas, mecanismos de depreciación, préstamos, etc.).

De forma específica el Estado podría implementar una regulación con relación a la eficiencia energética de los servicios públicos basada en las siguientes funciones: establecer normas de comportamiento para los prestadores, con metas e incentivos; vigilar el desempeño de las empresas reguladas; fijar el nivel de precios y la estructura de las tarifas atendiendo al objetivo de eficiencia energética; establecer un sistema de contabilidad regulatoria con adecuada desagregación en la imputación de los consumos energéticos; realizar auditorías de gestión en los prestadores; desarrollar recursos humanos en materia de la eficiencia energética; coordinar con otros actores que posean un interés compartido en las iniciativas de eficiencia energética en los servicios; e informar las actividades del sector y del regulador a las autoridades gubernamentales correspondientes.

Para encarar las mejoras de la eficiencia energética en los servicios de agua potable y alcantarillado debe establecerse un orden de prioridades de las acciones. A modo de ejemplo, la disminución de fugas debe anteceder al rediseño del sistema y la instalación de nuevo equipamiento; las oportunidades asociadas a medidas del lado de la oferta deben ser coordinadas con las actividades del

lado de la demanda; la reducción de las puntas de demanda de agua atenúa las respectivas puntas de demanda de energía; y la micro-medición sumada a tarifas realistas puede generar importantes reducciones de consumo de agua.

Entre las principales acciones que pueden tomarse para incidir de forma directa del lado de la oferta para lograr mayor eficiencia energética, cabe destacar las siguientes: disminución de fugas o pérdidas técnicas en la red; rediseño y modernización de los sistemas de tuberías, bombas, motores, compresores, equipo de tratamiento primario y secundario y equipos de desinfección; regeneración y reutilización del agua residual, evitando además la infiltración de las aguas subterráneas y el agua de lluvia al sistema de alcantarillado; y realizar auditorías energéticas que permitan conocer exhaustivamente los consumos eléctricos por proceso productivo.

Por el lado de la demanda, las principales iniciativas que se pueden encarar para reducir el consumo de agua potable serían: instalar dispositivos para su ahorro, como los lavarropas de eje horizontal, cabezales de bajo flujo para duchas, aireadores de grifos, sanitarios de descarga ultrabaja y diques para sanitarios u otros dispositivos para desplazamiento de agua; aplicar restricciones voluntarias u obligatorias sobre el consumo de agua potable, lo cual incluye normas de electrodomésticos y de aparatos de plomería, y el etiquetado; promover el cultivo de especies nativas de plantas ornamentales que pueden sobrevivir con la lluvia y condiciones climáticas específicas del lugar, para ahorrar agua utilizada para riego; y instrumentar incentivos (premios y penalidades, incluyendo tarifas, impuestos, subsidios, descuentos y multas) necesarios para que a los usuarios les convenga adoptar las iniciativas previamente enunciadas.

Resulta conveniente enmarcar estas propuestas dentro del enfoque “evitar, cambiar y mejorar”, logrando que las medidas de oferta (evitar) y de demanda (cambiar) sean además complementadas con una visión sistémica e integral (mejorar) del sector, como por ejemplo mediante el desarrollo e instalación de redes y medidores inteligentes. Asimismo en cuanto a estas iniciativas que tienen por objetivo incrementar la eficiencia general del sistema (mejorar) algunos puntos a destacar son: i) la búsqueda de sinergias entre la demanda y la oferta; ii) el intercambio de visiones, opiniones e información entre actores claves entre los cuales deben ser incluidos grandes usuarios de agua como la industria y la agricultura; y iii) la coordinación con el sector de energía, la planificación urbana y el ordenamiento territorial, entre otros.

La viabilidad de la materialización de las acciones, proyectos y programas de eficiencia energética requiere de la implementación de una regulación sólida, eficaz y sustentable. Una de las principales condiciones para que esto se cumpla consiste en contar con la información suficiente y de calidad. La definición de los indicadores adecuados, la existencia de definiciones comunes, una contabilidad uniforme y análisis comparativo de desempeño forman parte de la base de la regulación eficaz que esté en condiciones de establecer metas de desempeño; vigilar su implementación mediante la recolección y análisis de datos; considerar el objetivo de eficiencia energética en la estructura de tarifas y en sus valores; realizar auditorías de gestión en los prestadores con relación a la eficiencia energética; y coordinar acciones e intercambiar información con otros organismos con interés compartido sobre la eficiencia energética.

El regulador requiere recopilar indicadores y utilizarlos con fines comparativos. Sobre la base de indicadores utilizados por diversas organizaciones internacionales y esfuerzos nacionales, tanto en la región como fuera de ella, se confeccionó una propuesta de indicadores que los reguladores de los países de América Latina y el Caribe podrían construir para caracterizar los problemas, previo a las auditorías energéticas de procesos, subprocesos y equipos. Los mismos son respectivamente indicadores contextuales (de dotación, pérdidas, micro-medición, fuente, proporción de bombeo o gravedad y tratamiento de aguas residuales) y específicos (costo de la energía, participación de costos energéticos en los totales, consumo de energía, costo unitario de la energía, emisiones de gases de efecto invernadero). Sobre el primer conjunto se propone determinarlos a nivel de prestador y (si se requiere) de planta, y en el caso de la proporción de bombeo y gravedad por procesos (agua potable y alcantarillado). En tanto, respecto de los específicos, se sugiere relevarlos por año, metro cúbico por año, persona servida por año,

clientes servidos por año, a nivel de prestadores, planta (si aplica), procesos, subprocesos y equipos en la medida de lo posible y razonable.

El análisis comparativo de desempeño consiste en la búsqueda de un valor de referencia para usarlo como comparador o incentivo. El proceso debe ser sistemático y continuo. Es necesario avanzar en la formulación de definiciones, para lo cual los indicadores antes definidos resultan útiles. La heterogeneidad de condiciones entre prestadores puede ser parcialmente aislada comparando mismos prestadores a través del tiempo, y buscando para que las comparaciones resulten consistentes, prestadores con restricciones similares (topográficas y ambientales).

La propuesta consiste en tomar los dos conjuntos de indicadores anteriores, y para los relevantes llevar registros a nivel de prestador, planta y procesos o subprocesos, que permitan determinar mejores, promedios y peores desempeños en una muestra de prestadores locales e internacionales. La idea es avanzar con imputaciones primero y auditorías energéticas posteriormente.

Los reguladores pueden involucrarse en varias actividades para promover la eficiencia energética:

- Pueden fomentarla por el lado de la oferta fijando parámetros, solicitando auditorías y formulando planes de reducción de consumo, evaluando los proyectos, promoviendo programas de reemplazo y reparación, dando incentivos tarifarios, evaluando los ahorros obtenidos e induciendo el uso de energías renovables.
- Por el lado de la demanda, pueden promover cambios de hábitos de uso, educar e informar, apoyar iniciativas de grandes clientes, facilitar la adopción de equipos para el uso eficiente del agua (incluyendo iniciativas regulatorias y apoyando programas financieros), etiquetar, etc.

Específicamente en el cálculo tarifario, partiendo de la base que la demanda de agua potable es sensible a precio (para algunos usos específicos la elasticidad es mucho mayor que para los usos cotidianos más necesarios), se pueden implementar varias políticas. Las primeras son esfuerzos para reemplazar equipamiento de prestadores y de los clientes por dispositivos que ahorren agua, financiándolo de las formas más diversas (para prestadores, a través de cargos adicionales, reconocimiento de inversiones en revisiones tarifarias, traspaso directo de costos o capitalización, depreciación acelerada de equipos, y exenciones o reducciones impositivas; y a nivel de los clientes, por medio de subsidios, auditorías energéticas subsidiadas, préstamos blandos, y búsqueda de apoyo indirecto a través de empresas que se dediquen al control de servicios energéticos). Un segundo conjunto de medidas apunta a que los clientes reduzcan su consumo (y los prestadores la producción) a partir del control de pérdidas y de consumos mediante impuestos, cargos y tarifas. Estos últimos, con la idea de desalentar el despilfarro y controlar los consumos suntuarios. Para los clientes no residenciales, se requiere una especial consideración a los que usan agua como insumo.

La interdependencia de los sectores de agua potable y alcantarillado por un lado, y energía por el otro, necesita del estudio y eventualmente su coordinación simultánea. Lo anterior puede requerir vencer barreras institucionales, normativas, económicas e informativas.

Por último, se contribuye con un programa de trabajo realista que pueden llevar a cabo reguladores sectoriales en los países de la región para poner en marcha cambios en dirección a una mayor eficiencia energética. Son un total de ocho componentes (diagnóstico, auditorías energéticas de equipos, control de pérdidas, información y educación, difusión de la micro-medición, premios al ahorro y penalidades al consumo excesivo, estándares para dispositivos y etiquetado obligatorio) de diferente grado de dificultad, costo, velocidad relativa de implementación e impacto esperado.

## Bibliografía

---

- ADERASA (Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas) (2012), *Informe Anual - 2011. Datos año 2010*, Grupo Regional de Trabajo de Benchmarking (GRTB).
- AWWA (American Water Works Association) (2012), *Water Loss Control Terms Defined*, Denver.
- Bashnakov, Igor; Konstantin Borisov; Maxim Dzedzickek; Inna Gritsevich y Alexei Lunin (2008), *Resource of Energy Efficiency in Russia: Scale, Costs and Benefits*, Center for Energy Efficiency, Moscú.
- Berg, Sanford (2013), *Energy Efficiency in Developing Countries: Roles for Sector Regulators*, University of Florida, Department of Economics, PURC Working Paper, N° 13-06.
- Bhattacharyya, Subhas (2011), *Energy Economics. Concepts, Issues, Markets and Governance*, Springer-Verlag.
- Brandt, Malcolm; Roger Middleton y S. Wang (2012), *Energy Efficiency in the Water Industry: A Compendium of Best Practices and Case Studies — Global Report*, Water Research Foundation, Global Water Research Coalition, Londres.
- Burns, Chelsea (2013), *Important Water-Energy Nexus Considerations. A Sustainability Assessment of Water Supply in Two Municipalities of Costa Brava, Spain*, M.A. International Relations & Natural Resources and Sustainable Development, American University.
- Cabrera, Enrique (2011), *El binomio agua-energía. ¿Un asunto de moda o de interés real?*, Fundación Ciudadanía y Valores (FUNCIVA), Madrid.
- Cabrera, Enrique; Miguel A. Pardo; Ricardo Cobacho y Enrique Cabrera Jr. (2010), “Energy Audit of Water Networks”, *Journal of Water Resources Planning and Management*, volumen 136, número 6.
- Carpio, Claudio y Manlio Coviello (2013), *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio*, LC/W.562, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Cavaleiro de Ferreira, Rita y Patricia Hansen (2014), *Presentación CEEPA*, XXVIII Convención Anual y Expo ANEAS 2014, Mérida, México.
- Cohen, Ronnie; Barry Nelson y Gary Wolff (2004), *Energy Down the Drain. The Hidden Costs of California's Water Supply*, National Resources Defense Council (NRDC), Pacific Institute, Oakland, California.
- Columbia Center for Climate Change Law (2012), *Public Utility Commissions and Energy Efficiency. A Handbook of Legal & Regulatory Tools for Commissioners and Advocates*, Columbia Law School.
- Dalkmann, Holger y Charlotte Brannigan (2007), *Transport and Climate Change. Module 5e. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities*, Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn.
- De Nigris, Michele y Manlio Coviello (2012), *Smart grids in Latin America and the Caribbean*, LC/W.486, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).



- DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) (2009), *Guidance on how to measure and report your greenhouse gas emissions*, Londres.
- Denig-Chakroff, David (2008), “Reducing electricity used for water production: Questions state commissions should ask regulated utilities”, *Water Research and Policy*, National Regulatory Policy Institute.
- EEA (European Environment Agency) (2014), “Performance of water utilities beyond compliance. Sharing knowledge bases to support environmental and resource-efficiency policies and technical improvements”, *EEA Technical Report*, N° 5, Copenhagen.
- Energy Saving Trust (2013), *At home with water*, Energy Saving Trust Foundation.
- \_\_\_\_\_ (2010), *At home with energy: a selection of insights into domestic energy use in Scotland*, Energy Saving Trust Foundation.
- Ferro, Gustavo y Emilio Lentini (2013), *Políticas tarifarias para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM): situación actual y tendencias regionales recientes*, LC/W.519, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ferro, Gustavo; Emilio Lentini y Carlos A. Romero (2011), *Eficiencia y su medición en prestadores de servicios de agua potable y alcantarillado*, LC/W.385, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ferro, Gustavo; Emilio Lentini; Augusto Mercadier y Federica Brenner (2014), “Eficiencia energética en el sector de agua y saneamiento: estimaciones utilizando una función de requerimientos de insumo”, *MPRA Paper*, N° 58480, Munich Personal RePec Archive (MPRA).
- Gillingham, Kenneth; Richard Newell y Karen Palmer (2009), *Energy Efficiency Economics and Policy*, Resources for the Future (RFF), Washington, D.C.
- Global Water Research Coalition (2008), *Water and Energy. Report of the GWRC Research Strategy Workshop. Draft*, Londres.
- GO Brazil Asociados (2013), *Manual for Performance-Based Contracting by Water Utility Companies in Brazil*, International Finance Corporation (IFC).
- Goldstein, R. y W. Smith (2002), *Water & Sustainability (Volume 4): U.S. Electricity Consumption for Water Supply & Treatment - The Next Half Century*, Electric Power Research Institute (EPRI).
- Guerrero, Tanni; Celeste Rives; Alejandra Rodríguez; Yolitz Zaldívar y Virginia Cervantes (2009), “El agua en la ciudad de México”, *Revista Ciencias*, número 94, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hantke Domas, Michael (2011), *Control de precios de transferencia en la industria de agua potable y alcantarillado*, LC/W.377, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Hardy, Laurent y Alberto Garrido (2012), “Challenges and Opportunities Related to the Spanish Water Energy Nexus”, *Water, Agriculture and the Environment in Spain: can we square the circle?*, Lucia De Stefano y Ramón Llamas (eds.), Taylor & Francis Group, Londres.
- \_\_\_\_\_ (2010), “Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España”, *Papeles de Agua Virtual*, N° 6, Fundación Botín y Universidad Politécnica de Madrid.
- Hardy, Laurent; Alberto Garrido y Luis Juana (2012), “Evaluation of Spain's Water-Energy Nexus”, *International Journal of Water Resources Development*, volumen 28, número 1.
- Harris, Jeffrey; Rick Diamond; Maithili Iyer; Christopher Payne; Carl Blumstein y Hans-Paul Siderius (2008), “Towards a sustainable energy balance: progressive efficiency and the return of energy conservation”, *Energy Efficiency*, volumen 1, número 3, agosto.
- Hoffman, Allan (2012), *The Connection: Water Supply and Energy Reserves*, Water Industry News.
- Horta, Luiz Augusto, con la colaboración de Claudio Carpio, Pedro Maldonado y Raúl Landaveri (2010), *Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe*, LC/W.322, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Jaffe, Adam; Richard Newell y Robert Stavins (2004), “Economics of Energy Efficiency”, *Encyclopedia of Energy*, Elsevier.
- James, Kevin; Stephanie Campbell y Christopher Godlove (2003), *Agua y energía: Aprovechando las oportunidades de eficiencia de agua y energía aún no exploradas en los sistemas municipales de agua*, Alianza para el Ahorro de Energía.
- Jornal Nacional (2013), “Rio e São Paulo buscam novas fontes de abastecimento de água”, *Globo*, 21 de marzo.
- Jouravlev, Andrei (2003), *Acceso a la información: una tarea pendiente para la regulación latinoamericana*, LC/L.1954-P, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Kenway, S.; A. Priestley; S. Cook; S. Seo; M. Inman; Alan Gregory y M. Hall (2008), *Energy use in the provision and consumption of urban water in Australia and New Zealand*, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Water for a Healthy Country National Research Flagship.

- Kenway, S.; P. Lant; A. Priestley y P. Daniels (2011), “The connection between water and energy in cities: a review”, *Water Science & Technology*, volumen 63, N° 9.
- Kreuzer, Fabian Maximilian y Gordon Wilmsmeier (2014), *Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe: una hoja de ruta para la sostenibilidad*, LC/W.602, Santiago, Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Lenzi, C.; C. Brogalli; A. Bolognesi y S. Artina (2013), “From Energy Balance to Energy Efficiency Indicators Including Water Losses”, *Water Science & Technology: Water Supply*, volumen 13, número 4.
- Liu, Feng; Alain Ouedraogo; Seema Manghee y Alexander Danilenko (2012), *A Primer on Energy Efficiency for Municipal Water and Wastewater Utilities*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- Lopes, Luis; Shuici Hokoi; Hishashi Miura y Kondo Shuhei (2005), “Energy Efficiency and Energy Savings in Japanese Residential Buildings - Research Methodology and Surveyed Results”, *Energy and Buildings*, volumen 37, número 7.
- McMahon, James; Camilla Dunham Whitehead y Peter Biermayer (2006), *Saving Water Saves Energy*, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Millock, Katrine y Céline Nauges (2010), “Household Adoption of Water-Efficient Equipment: The Role of Socio-economic Factors, Environmental Attitudes and Policy”, *Environmental and Resource Economics*, volumen 46, número 4, agosto.
- Momiy Hada, Fernando (2012), “La segunda generación en la regulación y supervisión de los servicios de saneamiento”, *Revista de la Competencia y la Propiedad Intelectual*, número 15, primavera.
- Nadel, Steven y Kate Farley (2013), “Tax reforms to advance energy efficiency”, *Research Report*, E132, American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), febrero.
- Nauges, Céline y Dale Whittington (2010), “Estimation of Water Demand in Developing Countries: An Overview”, *World Bank Research Observer*, volumen. 25, número 2.
- NWC (National Water Commission) (2013), *National performance report 2011-12: urban water utilities*, Australia, marzo.
- OFWAT (Water Services Regulation Authority) (2012), *Key performance indicators - guidance*, Birmingham.
- \_\_\_\_\_ (2010), *Playing our part - reducing greenhouse gas emissions in the water and sewerage sectors. Supporting information*, Birmingham.
- \_\_\_\_\_ (2008a), *Preparing for the future - Ofwat's climate change policy statement. Ofwat - Protecting consumers, promoting value and safeguarding the future*, Birmingham.
- \_\_\_\_\_ (2008b), *Setting price limits for 2010-15: Framework and approach*, Birmingham.
- Price, Lynn; Christina Galitsky; Jonathan Sinton; Ernst Worrell y Wina Grans (2005), *Tax and Fiscal Policies for Promotion of Industrial Energy Efficiency. A Survey of International Experience*, Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Retamal, Monique; Kumi Abeysuriya; Andrea Turner y Stuart White (2008), *The Water-Energy Nexus: Literature Review*, Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Sydney.
- Rosas Moya, Ramón (2011), *La eficiencia energética en empresas de agua y saneamiento en países de América Latina y el Caribe. Mejores prácticas y lecciones aprendidas*, Banco Interamericano de Desarrollo, Nota Técnica, número 328.
- Sanders, Kelly y Michael Webber (2012), “Evaluating the Energy Consumed for Water Use in the United States”, *Environmental Research Letters*, volumen 7, número 3, IOP Publishing.
- Saunders, Harry (1992), “The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth”, *The Energy Journal*, volumen 13, número 4.
- Scott, Christopher; Suzanne Pierce; Martin J. Pasqualetti; Alice L. Jones y Burrell E. Montz (2011), “Policy and Institutional Dimensions of the Water-Energy Nexus”, *Energy Policy*, volumen 39, número 10.
- Silva Vieira, Abel (2012), *Uso racional de água em habitações de interesse social como estratégia para a conservação de energia em Florianópolis, Santa Catarina*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- van den Berg, Caroline y Alexander Danilenko (2011), *The IBNET Water Supply and Sanitation Performance Blue Book*, Banco Mundial, Washington, D.C.
- WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos) (2014), *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2014: Agua y Energía*, Paris, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- Young, Rachel (2013), *Saving Water and Energy Together: Helping Utilities Build Better Programs*, Informe número E13H, American Council For an Energy-Efficient Economy, Alliance for Water Efficiency.



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Serie

Recursos Naturales e Infraestructura

## Números publicados

Un listado completo así como los archivos pdf están disponibles en

[www.cepal.org/publicaciones](http://www.cepal.org/publicaciones)

170. Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado, Gustavo Ferro y Emilio J. Lentini (LC/L.3949), 2015.
169. Gobernanza del gas natural no convencional para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe: experiencias generales y tendencias en la Argentina, el Brasil, Colombia y México, Andrés Arroyo y Andrea Perdriel (LC/L.3948), 2015.
168. Aspectos metodológicos para el tratamiento estadístico de la infraestructura en América Latina y el Caribe, Jeannette Lardé, Salvador Marconi y Julio Oleas (LC/L.3923), 2014.
167. Estado de implementación del Programa de Acción de Almaty en América del Sur, Gabriel Pérez-Salas, Ricardo J. Sánchez y Gordon Wilmsmeier (LC/L.3892), 2014.
166. Políticas e institucionalidad en materia de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe, Franz Rojas Ortuste (LC/L.3822), 2014.
165. Notas sobre la teoría de la empresa pública de servicios de infraestructura y su regulación, Patricio Rozas Balbontín y José Luis Bonifaz F. (LC/L.3793), 2014.
164. Políticas tarifarias y regulatorias en el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio y el derecho humano al agua y al saneamiento, Emilio J. Lentini y Gustavo Ferro (LC/L.3790), 2014.
163. La Argentina y el Estado Plurinacional de Bolivia, más que partícipes de una frontera común: desarrollo sostenible, inversiones y política en torno a los recursos del gas natural, Andrés H. Arroyo Peláez (LC/L.3701), 2013.
162. Gestión pública y servicios públicos: notas sobre el concepto tradicional de servicio público, Patricio Rozas Balbontín y Michael Hantke-Domas (LC/L.3648), 2013.
161. Seguridad de la cadena logística terrestre en América Latina, Gabriel Pérez Salas (LC/L.3604), 2013.
160. El papel del transporte con relación a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, Lorena García Alonso y Ricardo J. Sánchez (LC/L.3514), 2012.
159. Políticas portuarias, Octavio Doerr (LC/L.3438), 2011.
158. Infraestructura y equidad social: experiencias en agua potable, saneamiento y transporte urbano de pasajeros en América Latina, Gustavo Ferro y Emilio Lentini (LC/L.3437), 2011.
157. Terremoto en Chile. Los efectos sobre la infraestructura y el desarrollo, Patricio Rozas Balbontín (LC/L.3436), 2011.
156. La industria extractiva en América Latina y el Caribe y su relación con las minorías étnicas, Ana María Aranibar, Eduardo Chaparro Ávila y René Salgado Pavez (LC/L.3411), 2011.
155. Principios de políticas de infraestructura, logística y movilidad basadas en la integralidad y la sostenibilidad, Georgina Cipoletta Tomassian (LC/L.3328), 2011.
154. Sistemas aeroportuarios, servicio público e iniciativa privada, Bernardo Sánchez Pavón (LC/L.3343), 2011.
153. La brecha de infraestructura en América Latina y el Caribe, Daniel Perrotti y Ricardo J. Sánchez (LC/L.3342), 2011.
152. Eficacia institucional de los programas nacionales de eficiencia energética: los casos del Brasil, Chile, México y el Uruguay, Beno Ruchansky, Odón de Buen, Gilberto Januzzi y Andrés Romero (LC/L.3338), 2011.
151. El alza del precio del petróleo y su impacto en los fletes marítimos de productos exportados por Chile en contenedores, Sebastián Faúndez, Nanno Mulder, Gabriel Pérez Salas y Ricardo J. Sánchez (LC/L.3322), 2011.
150. Políticas integradas de infraestructura, transporte y logística: experiencias internacionales y propuestas iniciales, Georgina Cipoletta Tomassian, Gabriel Pérez Salas y Ricardo J. Sánchez (LC/L.3226), 2010.

# RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA



COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE  
ECONOMIC COMMISSION FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN  
[www.cepal.org](http://www.cepal.org)