

# Introducción a la Eficiencia Energética en Empresas Municipales de Agua y Saneamiento Urbano





## MISIÓN ESMAP

El programa de asistencia para la gestión del sector energético (ESMAP por sus siglas en inglés) es un programa global de conocimientos y asistencia técnica, administrado por el Banco Mundial. El programa proporciona servicios analíticos y de asesoría a los países de bajos y medianos ingresos, para aumentar su capacidad institucional con la finalidad de lograr soluciones energéticas ambientalmente sostenibles para la reducción de la pobreza y el crecimiento económico. ESMAP está financiado por Australia, Austria, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Islandia, Lituania, Países Bajos, Noruega, Suecia y el Reino Unido, así como por el Banco Mundial.

Derechos de autor © Febrero 2012  
El Banco Internacional para la Reconstrucción  
y Desarrollo / GRUPO BANCO MUNDIAL  
1818 H Street, NW | Washington DC 20433 | EE.UU.

Los informes del programa de asistencia para la gestión del sector energético, se publican para comunicar los resultados del trabajo de ESMAP a la comunidad en desarrollo. Algunas fuentes citadas en este informe pueden ser documentos informales y no estar fácilmente disponibles.

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresadas en este informe, son responsabilidad de los autores y no deben atribuirse de manera alguna al Banco Mundial (BM) o a sus organizaciones afiliadas, ni a los miembros de su consejo de directores ejecutivos de los países que representan o de ESMAP. El Banco Mundial y ESMAP no garantizan la exactitud de los datos incluidos en esta publicación y no aceptan responsabilidad alguna por las consecuencias de su uso. Las fronteras, los colores, los nombres y cualquier otra información expuesta en cualquier mapa de este volumen, no implican por parte del Grupo del Banco Mundial (GBM), juicio alguno sobre la condición jurídica de cualquier territorio ni la aprobación de la aceptación de esas fronteras.

El texto de esta publicación puede ser reproducido total o parcialmente y en cualquier forma para fines educativos o sin fines de lucro sin autorización especial, siempre que se cite la fuente. Las solicitudes de autorización para reproducir partes para su reventa o con fines comerciales, deben ser enviadas al gerente de ESMAP a la dirección citada anteriormente. ESMAP alienta la difusión de su trabajo y normalmente da su autorización de reproducción sin demora. El administrador de ESMAP agradecerá recibir una copia de la publicación que utilice a partir de esta fuente, en la dirección antes mencionada.

Todas las imágenes son propiedad exclusiva de las fuentes originales y no pueden ser utilizadas para cualquier propósito sin la autorización por escrito de éstas.

Escrito por | Feng Liu, Alain Ouedraogo, Seema Manghee y Alexander Danilenko.  
Traducción al español por | Ramón Rosas y Lara Chinarro



## CONTENIDO

	Prólogo	ii
	Acrónimos y abreviaturas	iv
	Reconocimientos	1
1	Contexto y antecedentes	2
	¿Por qué es importante la eficiencia energética en las empresas de abastecimiento y saneamiento urbano?	2
	Inversiones del Banco Mundial en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	4
	Actividades destacadas realizadas por organizacones multilaterales y bilaterales	6
2	Uso de energía y eficiencia energética en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	10
	Determinación de la eficiencia energética en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	10
	Patrones de consumo energético	10
	Oportunidades de eficiencia energética y rentabilidad de las medidas más comunes	12
	Barreras a la mejora de la eficiencia energética en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	14
3	Gestión de eficiencia energética en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	18
	¿Qué implica la gestión energética?	18
	Buenas prácticas de gestión energética	20
	Herramientas para la gestión energética	22
	Instrumentos de financiamiento	26
4	Implementación de la eficiencia energética en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	30
	Acciones para los gobiernos nacionales y locales	30
	Acciones para las empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	32
	El papel de los bancos multilaterales de desarrollo	32
	Notas	36
	Referencias	38
	Recursos adicionales	40
ANEXO	A E.E. en las operaciones del GBM en el sector de agua potable y residual	42
ANEXO	B Medidas de gestión energética y su rentabilidad, en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	50
ANEXO	C Desarrollo de conocimientos de gestión energética en EMASU. Experiencia en EE.UU.	56
ANEXO	D Estudios/Auditorías para mejorar el desempeño energético de las EMASU	58
Cuadro	1.1 Ahorro de energía y prestación de servicios a más gente: la ciudad de Fortaleza, Brasil	3
Cuadro	1.2 Tendencias en las políticas sectoriales y tecnológicas y su impacto en el futuro de la energía	3
Cuadro	1.3 Principales hallazgos del portafolio de operaciones del GBM en el sector de agua potable y saneamiento	5
Cuadro	1.4 Programa de asistencia en EE del BID en América Latina y El Caribe	7
Cuadro	2.1 Oportunidades clave de ahorro de energía y potenciales viables en EMASU	13
Cuadro	3.1 Gestión de la energía en CAESB, Brasilia Distrito Federal EMASU	21
Cuadro	3.2 Fundamentos del sistema de monitoreo y seguimiento de la energía	23
Cuadro	3.3 Utilización del CDAE para la reducción de fugas y la mejora de la EE, Emfuleni, Sudáfrica	27
Cuadro	3.4 Un ejemplo de la contribución de APP en el desempeño energético de las EMASU	27
Cuadro	3.5 Proyecto de la infraestructura urbana en Ucrania	28
Cuadro	3.6 Uso del MDL para la mejora de la EE en el bombeo de agua en Karnataka	29
Cuadro	4.1 Financiamiento basado en resultados para mejorar la EE en EMASU: México-proyecto piloto	34
Figura	1.1 Watergy (agua y energía)	8
Figura	2.1 Intensidad energética del suministro de agua (agua facturada) en países seleccionados	11
Figura	3.1 Proceso de gestión de la energía en EMASU	19
Figura	3.2 Modalidades de los CDAE y riesgos asociados a los prestadores de servicios	24
Figura	A.1 Desglose regional de los proyectos por número y compromiso de inversión del BM	43
Figura	A.2 Distribución regional de proyectos por: rehabilitación y/o nueva construcción/ampliación	43
Figura	A.3 Desglose regional de proyectos con indicadores explícitos de EE	44
Tabla	2.1 Uso de energía en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	12
Tabla	2.2 Barreras principales para la mejora de la EE en empresas de abastecimiento y saneamiento urbano	16
Tabla	4.1 Acciones principales para la implementación de la EE en EMASU	31

## PRÓLOGO

Este manual se refiere al uso de la energía y la eficiencia energética en la red de distribución de agua y tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas. Se centra en el lado de la oferta del ciclo del agua municipal, incluyendo la extracción, tratamiento y distribución de agua, así como la recolección y tratamiento de las aguas residuales -actividades que son directamente gestionadas por las empresas municipales de agua y saneamiento urbano (EMASU). Los aspectos del lado de la demanda del ciclo del agua municipal, tales como el uso eficiente y la conservación del agua, son mencionados como los vínculos esenciales de la eficiencia energética (EE), pero no se discuten en detalle.

Los costos de la energía eléctrica son por lo general entre 5 y 30% de los costos totales de operación de las EMASU. La participación suele ser mayor en los países en desarrollo y puede llegar hasta el 40% o más en algunos países. Lo anterior, contribuye a los altos costos de operación y suele ser insostenible, afectando directamente a la salud financiera de las EMASU.

Mejorar la EE está en el centro de las medidas para reducir los costos operativos en las EMASU. Dado que la energía representa el mayor gasto operativo controlable de la mayoría de las EMASU y muchas medidas de EE tienen un periodo de recuperación de la inversión menor a cinco años, invertir en EE proporciona el soporte para una rápida y mayor expansión del acceso al agua potable para los pobres, ya que hace al sistema más económico de operar.

Para ciudades con problemas de liquidez, mejorar la EE de las EMASU ayuda a aliviar las restricciones fiscales, a la vez que disminuye la presión al alza de las tarifas de agua y aguas residuales. A nivel nacional o global, la mejora de la EE en las EMASU, reduce la presión de incrementar la capacidad de generación eléctrica y reduce las emisiones contaminantes locales y globales.

Basándose en la revisión de la literatura existente, la mayor parte de las medidas técnicas de aplicación común para abordar a la EE en las EMASU, generan del 10 a 30% de ahorro de energía y presentan un periodo de retorno de la inversión de 1 a 5 años. La factibilidad financiera de las medidas de ahorro de energía depende de la antigüedad y las condiciones de las instalaciones, así como de las tecnologías utilizadas, los precios de la energía y otros factores que afectan el desempeño técnico y financiero de las EMASU individualmente. A pesar de estos desafíos, hay evidencias de que las EMASU pueden alcanzar ahorros de energía significativos y rentables en países en vías de desarrollo.

La adopción de medidas de eficiencia, tales como las descritas en este manual, significa un potencial mundial de ahorro energético del sector en su nivel actual de operación, de entre 34 y 168 teravatios hora (TWh) al año. El límite superior es más o menos la generación anual de 23 grandes centrales térmicas, o más de la producción anual de electricidad de Indonesia en 2008.

Los principales desafíos para la expansión de la EE en las EMASU, se derivan de los problemas del sector gubernamental en cuanto a la falta de conocimientos y a la baja capacidad de financiamiento. La administración gubernamental afecta el desempeño general de cada EMASU e influye en la toma de decisiones, incentivos y acciones para la gestión energética. Esto es probablemente la barrera más importante para la EE en las EMASU de muchos países en desarrollo. Abordar las brechas del conocimiento requiere esfuerzos para sistematizar la captura de datos, el entrenamiento y la creación de capacidad

en los servicios públicos, con el apoyo de los gobiernos locales y nacionales. Los obstáculos de financiamiento se pueden reducir mediante la introducción de fondos dedicados a la EE, para atender las mayores necesidades de inversión, pero existe el fomento del financiamiento por terceros, a través de contratos por desempeño del ahorro de energía/agua.

La Iniciativa de Ciudades Energéticamente Eficientes (EECI por sus siglas en inglés) de ESMAP, se lanzó en 2008 para apoyar a la EE municipal en las operaciones del BM, así como a las operaciones de los países clientes del BM. Este manual es parte de la función del centro de intercambio de conocimientos de la EECI, para informar al personal del BM que trabaja en el sector de agua potable y aguas residuales, así como en el energético, acerca de las oportunidades y las buenas prácticas para mejorar la EE y la reducción de costos de energía en las EMASU.

## ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy	IIE	Indicadores de Eficiencia Energética
AF	Año Fiscal	IFC	International Finance Corporation
AFR	África (región del BM)	ISO	International Organization for Standardization
AID	Asociación Internacional para el Desarrollo	LAC	Latino América y El Caribe (región del BM)
AEP	Asia del Este y Pacífico (región del BM)	mA	mili amperio
ANC	(Agua No Contabilizada)	MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
ANEEL	Agencia Nacional de Energía Eléctrica	MENA	Oriente Medio y Norte de Africa (región del BM)
APP	Asociación público-privada	MIGA	Multilateral Investment Guarantee Agency
SA	Sur de Asia (región del BM)	MW	mega vatio
ASE	Alliance to Save Energy	MyS	Monitoreo y Seguimiento
AT	Asistencia técnica	NYSERDA	New York State Energy Research and Development Authority
AWWA	American Water Works Association	OD	Oxígeno disuelto
BDM	Banco de Donantes Múltiples	OyM	Operación y Mantenimiento
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	ONG	Organismo No Gubernamental
BIRD	Banco Internacional para la Reconstrucción y el Desarrollo	PIU	Proyecto de Infraestructura Urbana
BM	Banco Mundial	POR	Potencial de Oxidación Reducción
BMD	Banco Multilateral de Desarrollo	PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
CAESB	Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal	SANASA	Sociedades de Abastecimiento de Agua e Saneamiento S.A.
CBDO	Demanda Bioquímica de Oxígeno Carbonoso	SAS	Suministro de Agua y Saneamiento
CDAE	Contrato por Desempeño de Ahorro Energético	SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
CEC	California Energy Commission	SCCE	Sistema Combinado de Calor y Electricidad
CO <sub>2</sub> e	Dioxido de carbono equivalente	SECCI	Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua	TRL	Tiempo de Retención de Lodo Aeróbico
EAC	Europa y Asia Central (región del BM)	UCGP	Unidad Central de Gestión de Proyecto
EMASU	Empresas Municipales de Agua y Saneamiento Urbano	UIP	Unidad de Implementación del Proyecto
EE	Eficiencia Energética	UK	United Kingdom
EECI	Energy Efficient Cities Initiative	UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
MENA	Medio Este y Norte de África (región del BM)	UNICEF	The United Nations Children's Fund
EPRI	Electric Power Research Institute	UE	Unidad Ejecutora
ESEE	Empresa de Servicios de Eficiencia Energética	USAID	United States Agency for International Development
ESEEA	Empresa de servicios de eficiencia energética del Sector del Agua	USEPA	United States Environmental Protection Agency
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program	VV	Variador de Velocidad
FAD	Flotación por Aire Disuelto	WERF	Water Environment Research Foundation
FEF	Financiación en la Factura	OMS	Organización Mundial de la Salud
GBM	Grupo Banco Mundial	WOP	Water Operators Partnerships
GLD	Gestión desde la Demanda	WSI	Water and Sanitation Initiative
IBNET	International Benchmark Network for Water and Sanitation Utilities	WSP	Water and Sanitation Program
		WSSC	Washington Suburban Sanitary Commission

## RECONOCIMIENTOS

Este manual ha sido elaborado conjuntamente por el personal del Programa de Asistencia para la Gestión del Sector Energético (ESMAP), la Unidad de Agua y el Programa de Agua y Saneamiento (WSP por sus siglas en inglés) del BM. El equipo de trabajo está formado por Feng Liu (ESMAP), Alain Ouedraogo (ESMAP) Seema Manghee (Unidad de Agua) y Alexander Danilenko (WSP). El informe se vió enriquecido con las aportaciones y comentarios de Jeremy Levin, Elizabeth T. Burden y Patrick A. Mullen, de la Corporación Financiera Internacional (IFC por sus siglas en inglés). Shahid Chaudhry (consultor) contribuyó a la revisión de los modelos de negocio y las prácticas de gestión de la energía en las EMASU.

Hua Du (consultor) proporcionó asistencia en la investigación. El equipo desea expresar su sincero agradecimiento por los valiosos comentarios y sugerencias de Caroline Van Den Berg, Manuel G. Marino y David Michaud del BM. El equipo desea agradecer a Rohit Khanna y Jas Singh de ESMAP por su asesoría durante la preparación de este informe. Se agradece la edición y gestión de la producción de Nick Keyes y Heather Austin de ESMAP.

## CONTEXTO Y ANTECEDENTES

### ¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EMPRESAS MUNICIPALES DE AGUA Y SANEAMIENTO URBANO?

La energía eléctrica es un insumo fundamental para el suministro municipal de agua y saneamiento. Los costos de la electricidad son por lo general entre 5 y 30% de los costos totales de operación de las EMASU en todo el mundo. La participación suele ser mayor en los países en desarrollo y puede llegar hasta el 40% o más en algunos países, como en la India y Bangladesh<sup>1</sup>. Tales costos de energía se traducen en altos y con frecuencia insostenibles costos de explotación, que afectan directamente a la salud financiera de las EMASU presiona los presupuestos públicos/municipales y puede aumentar los aranceles a sus clientes.

En los países en desarrollo, las EMASU pertenecen y son operadas por el gobierno y muchas están a cargo de las autoridades municipales. Como tal, la electricidad utilizada para la prestación de los servicios de agua y saneamiento, puede tener un impacto significativo sobre el presupuesto y perspectivas de los gobiernos municipales<sup>2</sup>. En la India, por ejemplo, se reportó que el suministro de agua es la partida de gasto más grande entre todos los servicios municipales<sup>3</sup>. Los programas diseñados para reducir los costos de operación en las EMASU, pueden convertirse en una alternativa atractiva, tanto para las compañías de servicios públicos municipales, como para sus propietarios, lo que podría crear un remanente fiscal para lidiar con otras prioridades socio-económicas, a la vez que disminuir la presión al alza sobre las tarifas del agua potable y el saneamiento.

Mejorar la EE es la principal medida para reducir los costos operativos en las EMASU. Dado que la energía representa uno de los mayores gastos operativos controlables de la mayoría de las EMASU y muchas medidas de EE tienen un periodo de recuperación menor a cinco años, las inversiones en EE soportan una expansión rápida y brindan mayor acceso al agua potable para los pobres, haciendo al sistema más barato de operar (cuadro 1.1).

A nivel nacional o global, la mejora de la EE en las EMASU, reduce la presión de incrementar la capacidad de generación de energía y reduce también las emisiones de contaminantes locales y globales. Estudios de casos disponibles, indican que las medidas rentables pueden aportar más del 25% de las mejoras generales en EE de las EMASU en países en desarrollo<sup>4</sup>. Un estudio reciente de las EMASU en países industrializados, también sugiere un potencial de ahorro de energía semejante (del 5 al 25%) con medidas financieramente viables<sup>5</sup>. Lo anterior significa que el ahorro de energía global del sector en su nivel actual de operación, podría estar en el rango de 34 a 168TWh al año<sup>6</sup>.

El límite superior es más o menos la generación anual de 23 grandes plantas de energía térmica (de 1.000MW cada una) y más de la producción anual de electricidad de Indonesia en 2008. El aumento de la demanda de energía para mover y tratar el agua y las aguas residuales de las ciudades en países en desarrollo, es probable que sea similar o mayor en los próximos 20 años. La población urbana del mundo se prevé que crezca 1,5 millones del 2010 al 2030; alrededor del 94% de este crecimiento ocurrirá en los países en desarrollo<sup>7</sup>. Extrapolando el crecimiento de la población urbana, este crecimiento implicará un aumento del 40% en la demanda de agua municipal y alcantarillado para el 2030<sup>8</sup>. También hay que considerar el hecho de que en la actualidad, sólo el 73% de los hogares urbanos de los países en desarrollo tienen acceso a agua potable y 68% tiene acceso a servicios de saneamiento, en comparación con una cobertura prácticamente universal de este tipo de servicios en los países desarrollados<sup>9</sup>.

## CUADRO 1.1

### Ahorro de energía y prestación de servicios a más gente: la ciudad de fortaleza, brasil

En Fortaleza Brasil, la empresa local de agua implementó medidas para mejorar la distribución del agua, al mismo tiempo que redujo los costos operativos y el impacto ambiental. Con una inversión de únicamente US\$1,1 millones en la instalación de un sistema de control automático y otras medidas simples, la empresa redujo el consumo de electricidad en 88 GWh y ahorró US\$2,5 millones en 4 años. Durante el mismo periodo, la compañía fue capaz de instalar 88.000 nuevas conexiones sin aumentar el consumo energético total.

Fuente | ASE, 2006

## CUADRO 1.2

### Tendencias en las políticas sectoriales y tecnológicas y su impacto en el futuro de la energía

REQUISITOS PARA LA SALUD PÚBLICA Y AMBIENTAL. Es probable que el establecimiento y aplicación de las normas de efluentes continúen mejorando en los países en desarrollo. Esto dará lugar a un mayor uso de tratamientos secundarios y terciarios, lo que aumentará la intensidad energética del tratamiento de aguas residuales. Las tendencias en los países desarrollados también indican que los nuevos requisitos de calidad de agua potable, tales como la desinfección de contaminación microbiana, puede requerir la utilización de tecnologías más intensivas en energía.

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS. Muchas de las tecnologías, para cumplir con regulaciones más estrictas, tienden a ser más intensivas en energía que las tecnologías imperantes. Ejemplos de estas nuevas tecnologías incluyen la desinfección ultravioleta, tratamiento con ozono, filtración por membrana y tratamiento avanzado de aguas residuales con eliminación de nutrientes. No obstante, algunas tecnologías pueden ofrecer beneficios ambientales adicionales, por ejemplo, la reducción del uso de productos químicos (y la energía asociada a ellos).

La desalinización del agua de mar podrá volverse más común en las zonas costeras con escasez de agua. A pesar de los avances tecnológicos, el agua suministrada por las plantas de desalinización sigue siendo muchas veces más intensiva en energía que las fuentes superficiales o subterráneas convencionales de suministro.

Los sistemas combinados de calor y electricidad (SCCE) que utilicen el biogás de la digestión anaerobia de lodos, pueden proporcionar hasta un 15% de las necesidades de energía en las plantas de tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados. El biogás se puede utilizar para otras aplicaciones energéticas. La digestión anaeróbica también reduce el contenido de sólidos de los lodos hasta en un 30% por lo que también se reducen los costos de su transporte.

IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO, MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN. En las ciudades afectadas por las sequías y la escasez de agua dulce, nuevas fuentes de suministro de agua proveniente de acuíferos más profundos, de fuentes más distantes o mediante la desalinización del agua de mar, requieren más energía. Por otro lado, los esfuerzos de mitigación del cambio climático en algunos países como el Reino Unido exigen o incentivan a las EMASU para reducir su huella de carbono, lo que las obliga a implementar mejoras en la EE. La conservación del agua y el uso eficiente de la misma son estrategias de adaptación clave para las ciudades, que generan beneficios significativos de mitigación, mediante la reducción de la demanda energética de las EMASU.

Fuente | Compilación de los autores.

Además, con base en las tendencias de los países desarrollados, el agua y el tratamiento de aguas residuales puede ser más intensivo en energía en las próximas dos décadas, debido a regulaciones sanitarias y ambientales más estrictas, que a menudo demandan tratamiento adicional o más sofisticado, que utiliza más energía (Cuadro 1.2).

Los mayores esfuerzos para mejorar la EE en el suministro de agua municipal y en el tratamiento de aguas residuales, tanto para los sistemas nuevos como para los existentes, tendrán una serie de efectos positivos, tales como: costos más bajos para los consumidores, la capacidad de atender a nuevas poblaciones, la mitigación de gases de efecto invernadero y la ayuda a garantizar a largo plazo la estabilidad fiscal de este servicio municipal.

### EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INVERSIONES DEL BANCO MUNDIAL EN EMASU

El Grupo Banco Mundial (incluyendo AID, BIRD, MIGA, e IFC) ha realizado un progreso significativo para mejorar la EE en su portafolio de préstamos. Los préstamos totales en EE en el año fiscal 2010 fueron de US\$1,8 mil millones. El porcentaje de financiamiento en EE de los préstamos totales del sector energía aumentó casi 7% para los años fiscales 2003-2005 a más del 15% para los años 2006-2010

Sin embargo, la cartera de EE sigue dominada por los sectores industrial y energético. Proyectos o componentes de EE en las municipalidades, incluidos los relacionados con el sector del agua y saneamiento, han sido difíciles de desarrollar y materializar debido a las barreras del sector (Tabla 2.2) y compiten por el financiamiento de otras necesidades de desarrollo urbano. La ampliación de los préstamos municipales de EE se ve obstaculizada también por la poca conciencia de las oportunidades y las soluciones disponibles por el personal de operaciones urbanas y de energía del GBM.

El alcance de la influencia es considerable. Desde el año fiscal 2000-2010, los compromisos totales de inversión del BM (incluyendo al AID y el BIRD) en el sector urbano, fueron aproximadamente US\$25,4 mil millones. Los compromisos de inversión en el suministro urbano de agua y aguas residuales en el mismo período fueron de aproximadamente \$16,1 mil millones, cerca de dos terceras partes de la cartera de préstamos urbanos, lo que indica una gran oportunidad para la incorporación de la EE en las inversiones del BM en los servicios de agua y saneamiento.

Una revisión de la cartera revela que las componentes de EE de las inversiones del BM en el sector agua y saneamiento han sido muy desiguales, lo que refleja las diferencias regionales del estado de la infraestructura de servicios urbanos (Cuadro 1.3, Anexo A). Una conclusión clave es que la EE en las EMASU, puede ser sustancialmente mejorada si se toma en cuenta y se resalta el desempeño energético en el diseño de proyectos. Esto parece estar asociado más frecuentemente con los proyectos destinados principalmente a la rehabilitación del sistema. Pocos proyectos de nuevas infraestructuras han considerado a la EE como un objetivo explícito del mismo.

La Corporación Financiera Internacional, el brazo del sector privado del GBM, también ha participado en una variedad de actividades de asesoría e inversiones relacionadas con la eficiencia y la conservación en el sector de agua y saneamiento. Lecciones clave de las actividades de la IFC incluyen: (a) la importancia de ser proactivos en el diálogo sobre políticas y la asesoría técnica, (b) la necesidad de una colaboración más estrecha entre los sectores público y privado, (c) las sinergias obtenidas a través de alianzas más amplias y la colaboración con el BM, otros Bancos de Donantes Múltiples (BDM), los donantes y el sector privado y (d) la necesidad de modelos bien balanceados de contratos de servicios energéticos aplicables al sector del agua.

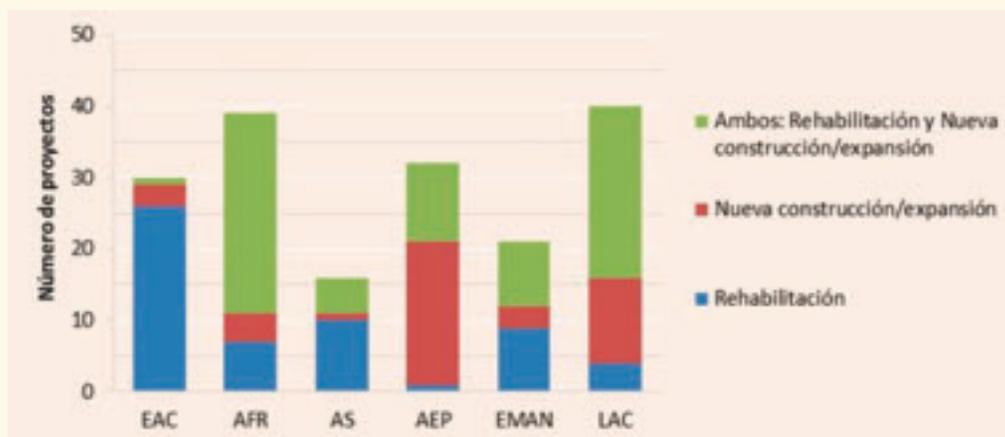
### CUADRO 1.3

#### Principales hallazgos del portafolio de operaciones del GBM en el sector de agua potable y saneamiento urbano

Desde los años fiscales 2000-2010 el BM financió 178 proyectos en operaciones de agua y saneamiento, con compromisos de inversión por alrededor de US\$16,1 mil millones, lo que representa el 63% de los compromisos de inversión globales del BM en proyectos urbanos. Esta cartera abarca proyectos de abastecimiento de agua y saneamiento urbano del “Business Warehouse” del BM.

Las regiones de Europa, Asia Central (EAC) y Sur de Asia (AS) se enfocaron en la rehabilitación de la infraestructura existente, mientras que la región de Asia del Este y del Pacífico (AEP) se centró en nueva infraestructura.

#### Distribución regional de proyectos por tipo



En general, las consideraciones de EE en el diseño y ejecución de los proyectos han sido limitadas en la cartera revisada. Sólo 19 de los 178 proyectos consideran explícitamente mejoras en la EE, mediante la inclusión de indicadores de EE como indicadores clave en los resultados y 15 de ellos se implementaron en la región EAC. Lo anterior no necesariamente significa que el contenido real de la componente de EE haya sido poco frecuente.

**ASPECTOS A CONSIDERAR:** 67% de los proyectos con componentes de EE están enfocados a mejorar la viabilidad financiera ya que deficiencias operacionales y la falta de las compañías y la falta de financiamiento impidió el mantenimiento adecuado de la infraestructura. Los altos costos de la energía a las EMASU también fueron un factor importante. Donde los costos de la energía no estaban bien documentados, se consideraron valores de referencia para incentivar y tomar medidas de EE.

**INTERVENCIONES EN EE:** Las medidas de EE incluidas en la cartera se dividen en dos categorías: (a) medidas de inversión que implican cambios físicos a los sistemas o equipos, y (b) medidas que allanan el camino para promover o mantener mejoras de la EE, tales como tarifas que reflejen los costos.

**MODELOS DE FINANCIAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN:** Hubo tres enfoques: (a) financiamiento directo, (b) fondos de desarrollo municipal con criterios estándar y (c) asociaciones público-privadas (APP), con financiamiento para inversiones físicas. Sólo hubo un caso de financiamiento con bonos de carbono. Algunas lecciones asociadas a estos enfoques incluyen:

- La evaluación sólida de la línea base siempre es importante para los proyectos/componentes de inversión en EE;
- Fondos municipales multi-propósito, parecen tener mejores incentivos para proyectos de EE; y
- Compañías con la participación del sector privado están generalmente más motivadas y mejor informadas sobre el uso óptimo de los fondos para reducir el consumo de energía.

Fuente | Compilación de los autores.

El GBM opera en países donde hay una gran necesidad de rehabilitación de la infraestructura existente de los sistemas municipales de agua y saneamiento (como Ucrania y Armenia), en países donde la demanda de nuevas infraestructuras de sistemas agua y saneamiento crece muy rápidamente (por ejemplo, Vietnam, India y China), así como en los países donde la infraestructura está más desarrollada, pero necesita ser modernizada y expandida (como los casos de Brasil y México).

El enfoque de la rehabilitación en general es incremental, así como de mejorar y optimizar los sistemas con frecuencia deteriorados por el paso del tiempo. El enfoque de los nuevos proyectos de infraestructura tendrá que contener vínculos con el desarrollo sostenible de las economías de rápido crecimiento, especialmente la integración de la conservación del agua y la eficiencia del uso del agua en la planificación y construcción de los sistemas municipales de agua y tratamiento de aguas residuales.

## ACTIVIDADES DESTACADAS REALIZADAS POR ORGANIZACIONES MULTILATERALES Y BILATERALES

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha estado trabajando con los países de Latino América y El Caribe (LAC), en la incorporación de más intervenciones de EE en las asistencias para el desarrollo del sector de agua y saneamiento. Este esfuerzo en curso incluye varias actividades para ayudar a aprender, desarrollar e implementar acciones de EE (cuadro 1.4).

Otra actividad de los donantes es el programa Watergy (Agua-Energía) implementado por la Alianza para el Ahorro de Energía (ASE por sus siglas en inglés) y financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID por sus siglas en inglés). El enfoque Watergy es integral, con el objetivo de mejorar la eficiencia del servicio municipal de agua al abordar los temas de ineficiencia y derroche de energía y agua en los sistemas de abastecimiento y uso final del agua (figura 1.1)<sup>10</sup>. El programa Watergy está activo en Brasil, India, México, Filipinas, Sudáfrica y Sri Lanka.

## CUADRO 1.4

### Programa de asistencia en EE del BID para EMASU en Latino-América y El Caribe

Actividades para mejorar la EE en las EMASU de los países de LAC, han sido realizadas mediante dos iniciativas lanzadas por el BID en 2007: La iniciativa de energía sostenible y cambio climático (SECCI por sus siglas en inglés) y La iniciativa de agua y saneamiento (WSI por sus siglas en inglés). Dentro de las cuales, el BID ha promovido la EE como un medio para reducir los costos de operación y mitigar el cambio climático con los siguientes enfoques:

**ASISTENCIA TÉCNICA (AT) PARA DEFINIR PLANES DE EE:** SECCI, que incluye mejoras en la EE de las EMASU, ha proporcionado AT para llevar a cabo auditorías energéticas y desarrollar planes de mejora de la EE, así como para nuevas prácticas de operación y mantenimiento. Desde que la SECCI fue lanzada, se han completado auditorías energéticas y planes de EE en 14 EMASU en Colombia, así como en 6 en El Caribe y 9 en Centroamérica y otras partes de América Latina. Se están desarrollando planes de EE en otras tres EMASU adicionales en la zona.

**PRÉSTAMOS PARA IMPLEMENTAR MEDIDAS DE EE:** WSI ha dado seguimiento a algunas de las evaluaciones de EE apoyados por SECCI y ha proporcionado préstamos para implementar las componentes de EE propuestas por los planes de EE. Por ejemplo, se están preparando préstamos para proyectos en Surinam, Guyana, Panamá, Nicaragua, Jamaica y la República Dominicana.

**ASOCIACIONES PARA COMPARTIR LAS MEJORES PRÁCTICAS:** El BID y la “ONU-Hábitat” han establecido conjuntamente asociaciones de operadores de agua (WOP por sus siglas en inglés), una plataforma para promover las mejores prácticas y las asociaciones entre operadores de agua y entre los operadores y otras partes interesadas, incluidos los donantes. WOP ha patrocinado talleres y seminarios de capacitación sobre EE en Brasil, Argentina, Ecuador, Costa Rica, Islas Vírgenes y Belice. También ha establecido 16 acuerdos entre EMASU en LAC y mantiene una base de datos.

**DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA OBTENER AHORROS ENERGÉTICOS:** El conocimiento generado a partir de la asistencia del BID, se está compilando para su difusión. EL BID está preparando herramientas -un manual de auditorías energéticas, una calculadora de ahorro de energía y un manual de mantenimiento- para guiar a las EMASU a obtener ahorros energéticos.

Fuente | Basado en documentos del BID y comunicaciones con Rodrigo Riquelme del BID.



**FIGURA 1.1**

**WATERGY**  
(agua y energía)



**EFICIENCIA DE AGUA Y ENERGÍA**

Proporciona servicios con efectividad de costos y minimiza el uso del agua y la energía.

=

**Medidas de Eficiencia (lado de la oferta)**



Los sistemas de suministro de agua ofrecen múltiples oportunidades para reducir las pérdidas de agua y energía, dando un mejor servicio para satisfacer las necesidades de los usuarios.

- Reducción de fugas y pérdidas
- Mejorar la operación y el mantenimiento
- Mejorar los sistemas de bombeo
- Primario/secundario

**Medidas de Eficiencia (lado de la demanda) Consumidores**



Residencial

Industrial

La reducción de la demanda reduce en ahorros tanto de agua como de energía.

- Tecnologías domésticas de bajo consumo de agua.
- Micromedición
- Reutilización del Agua de uso industrial
- Reducción de fugas dentro de los predios

**Enfoque integral de oferta y demanda**



El análisis integral de los sistema de agua, unido al diseño de proyectos de eficiencia, crea nuevas y mejores oportunidades de eficiencia.

- Dimensionar los sistemas de bombeo después de reducir la demanda de agua
- Evitar tratamiento de aguas residuales reutilizando y reduciendo la demanda

Fuente| ASE, 2002.



## USO DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMPRESAS MUNICIPALES DE AGUA Y SANEAMIENTO URBANO.

### DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMASU.

La EE global de los servicios de las EMASU, puede ser indicada por el consumo de energía eléctrica por unidad de agua entregada a los usuarios finales y por unidad de agua residual tratada ( $\text{kWh}/\text{m}^3$ -agua o aguas residuales)<sup>11</sup>. Para un determinado nivel de servicio y cumplimiento de normas, la reducción del valor de la intensidad energética indica una mejora en la EE de la prestación del servicio. En la práctica, la aplicación de estos indicadores agregados tiene dos dificultades principales:

**1. DISCORDANCIA ENTRE LOS DATOS DE ENERGÍA Y AGUA/AGUAS RESIDUALES:** Ésta se presenta cuando la medición del uso final no es universal y se trata menos del 100% de la aguas. A menudo se toma como indicador el uso de energía por unidad de agua, en lugar de por unidad de agua suministrada. Hacer esto no considera en el cálculo de la eficiencia un importante factor -las pérdidas físicas en la red-.

**2. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO NO COMPARABLES ENTRE ORGANISMOS:** El uso de indicadores agregados para la comparación entre EMASU está generalmente lleno de problemas ya que los valores de los índices se ven afectados de manera significativa por las condiciones de operación del sistema (por ejemplo, el flujo diario de agua, la longitud de la red, la combinación de fuentes de agua, la elevación de la distribución, el uso de la gravedad para la distribución y/o recolección, etc.) y las tecnologías de procesamiento (por ejemplo, el nivel de tratamiento de aguas residuales). Por ejemplo, la intensidad eléctrica de suministro de agua en el Estado de Nueva York (que varía desde 0,158 hasta 0,285 $\text{kWh}/\text{m}^3$  de agua producida) es significativamente inferior a la media nacional de EE.UU. De 0,370 $\text{kWh}/\text{m}^3$ , principalmente debido al predominio de las fuentes de agua superficiales y en gran medida a la distribución por gravedad<sup>12</sup>.

La figura 2.1 proporciona una visión de la divergencia de la intensidad energética del suministro de agua en los países seleccionados. Las diferencias no necesariamente indican diferencias en la EE entre las EMASU sobre una base comparable por las razones previamente indicadas.

Dado que es difícil y potencialmente engañoso generalizar el nivel de rendimiento energético por región o país, el benchmarking de la EE en las EMASU probablemente sea más útil para comparar tecnologías de procesamiento y equipos específicos, en lugar de comparar los índices energéticos agregados. Es útil definir indicadores desagregados de EE para las EMASU individuales, con la finalidad de monitorear y administrar el consumo de energía y la mejora de la EE con el tiempo.

### PATRONES DE CONSUMO ENERGÉTICO<sup>13</sup>

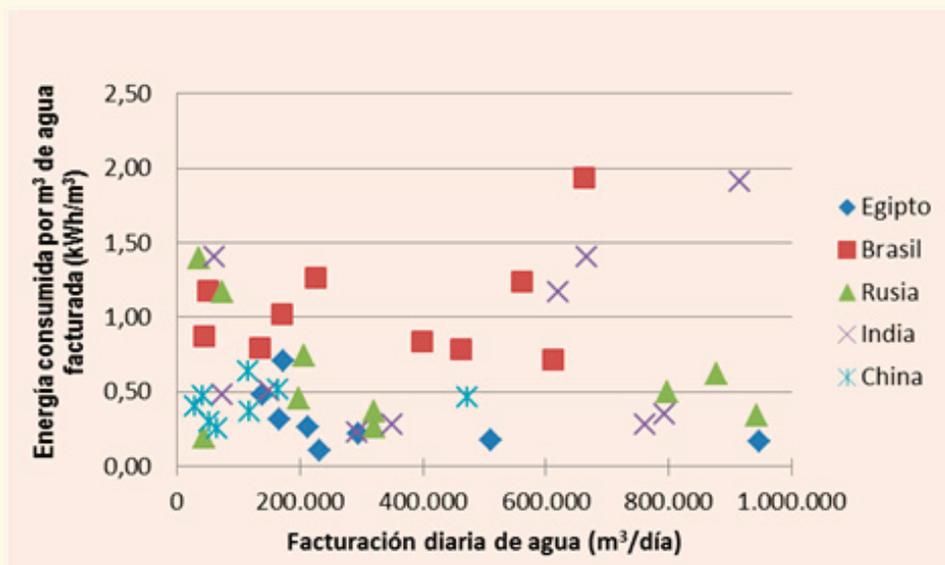
En general, los sistemas más grandes (hasta cierto límite) tienden a ser menos intensivos en el consumo de energía que los más pequeños. El uso de electricidad en los edificios administrativos y de producción de las EMASU, para la iluminación y el acondicionamiento ambiental, es un pequeño porcentaje del uso total de energía de un organismo. Las características básicas del consumo de energía en las EMASU municipales se resumen en la Tabla 2.1.

Con la excepción de los sistemas alimentados por gravedad, en los sistemas de bombeo para la distribución del agua potable, predominan los sistemas de suministro a partir de aguas superficiales, que suelen representar entre el 70 y el 80% o más, del consumo total de electricidad de las EMASU. El uso de la electricidad restante se divide entre bombeo de agua cruda y el proceso de tratamiento. Los sistemas de abastecimiento basados en aguas subterráneas generalmente son más intensivos en energía que los sistemas a base de agua superficial, debido a las mayores necesidades de bombeo para la extracción del agua (en los EE.UU. La diferencia es del 30% en promedio)<sup>14</sup>. Por otra parte, las aguas subterráneas por lo general requieren mucho menos tratamiento que el agua superficial, a menudo únicamente la cloración del agua cruda, lo que requiere muy poca electricidad.

La utilización de energía para el tratamiento de aguas residuales municipales varía considerablemente dependiendo de las tecnologías de tratamiento, que a menudo son dictadas por necesidades de control de la contaminación y la disponibilidad del terreno. Por ejemplo, el tratamiento avanzado de aguas residuales con nitrificación puede utilizar más del doble de energía que el tratamiento relativamente simple del filtrado. El tratamiento en lagunas consume poca energía, pero requiere una gran extensión de terreno.

La intensidad energética estimada para una instalación típica de tratamiento de aguas residuales (alrededor de 380.000m<sup>3</sup>/día) en los EE.UU. Es de 0,177kWh/m<sup>3</sup> tratado mediante filtración; 0,272 mediante lodos activados; 0,314 mediante procesos avanzados y 0,412 mediante procesos con nitrificación<sup>15</sup>. El incremento de la intensidad energética de los cuatro diferentes procesos se debe principalmente a la aireación (para los tres últimos procesos) y los requerimientos de bombeo adicionales para el tratamiento adicional de las aguas residuales. De hecho, para el tratamiento mediante lodos activados, se utiliza un nuevo proceso, en el que únicamente la aireación representa alrededor del 50% del consumo de energía del proceso.

**FIGURA 2.1**  
Intensidad energética del suministro de agua (agua facturada) en países seleccionados



Nota | El Agua facturada puede no representar el agua entregada debido a medición incompleta, robo y problemas de facturación  
Fuente | Base de datos del IBNET.

**TABLA 2.1**  
**Uso de energía en organismos operadores de sistemas de agua y saneamiento**

APLICACIÓN		INDICADOR	COMENTARIOS
<b>SUMINISTRO DE AGUA</b>			
Extracción de agua cruda	Bombeo	Agua Superficial: 10%	
	Edificios de servicio	Agua Subterránea: 30%	
Tratamiento	Mixto	Agua Superficial: 10%	
	Otros procesos de tratamiento	Agua Subterránea: 1%	
	Bombeo (para retrolavado, etc.)		
	Procesamiento y desecho de lodos		
	Edificios de servicio		
Transporte y distribución del agua potable	Bombeo	Agua Superficial: 80%	Depende de la proporción del suministro de agua por gravedad - por bombeo
		Agua Subterránea: 69%	
<b>MANEJO DE AGUAS RESIDUALES (PROCESO DE TRATAMIENTO MEDIANTE LODOS ACTIVADOS)</b>			
Recolección de aguas residuales	Bombeo	10%	Depende de la proporción de la recolección por gravedad
Tratamiento	Aireación	55%	Principalmente para la aireación de aguas residuales
	Otros procesos de tratamiento		
	Edificios de servicio		
Tratamiento y disposición de lodos	Secado mediante centrifugación y prensado; bombeo, almacenaje y quemado de residuos	35%	El proceso puede producir energía
	Edificios de servicio		

Fuente | Compilación de los autores basada en estimaciones de sistemas típicos en EE.UU. (EPRI, 2002).

## OPORTUNIDADES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y RENTABILIDAD DE LAS MEDIDAS MÁS COMUNES

Según la revisión de la literatura existente, la aplicación de medidas típicas de EE en las EMASU, genera ahorros de energía de entre 10 y 30% y presenta periodos de retorno de la inversión de entre 1 y 5 años. La viabilidad financiera de las medidas de ahorro depende de las condiciones de las instalaciones, tecnologías utilizadas, precios efectivos de la energía y otros factores que afectan los resultados técnicos y financieros de una EMASU individual. Un resumen de la revisión se presenta en el Anexo B.

En las EMASU de los países en vías de desarrollo, pueden alcanzarse ahorros significativos de manera rentable. Auditorías energéticas recientes en 12 EMASU a través de LAC, revelan ahorros potenciales de energía entre 9 y 39% con un periodo promedio de retorno de la inversión de 1,5 años<sup>16</sup>. Dichas auditorías energéticas, también destacan los principales problemas de la EE (interpretadas como

### CUADRO 2.1

**Oportunidades clave de ahorro de energía y potenciales viables en EMASU:** Hay dos áreas con mayor potencial: los sistemas de bombeo de todos los tipos y funciones y los sistemas de tratamiento de aguas residuales aeróbicos. Los potenciales de ahorro incluyen:

#### BOMBAS Y BOMBEO (RANGO DE AHORRO POTENCIAL: 5-30%)

- 5-10% mediante la mejora de las bombas existentes
- 3-7% a través de nuevas tecnologías de bombeo (la tecnología de bombeo está madura)
- Ganancias de hasta un 30% son posibles mediante la mejora del mantenimiento y mediante la operación en el punto de demanda (tal como utilizando variadores de velocidad)
- Medidas de ahorro más complejas y de mayor magnitud son posibles, pero con frecuencia muestran un período de recuperación marginal.

#### TRATAMIENTO AERÓBICO DE AGUAS RESIDUALES (HASTA 50%)

- Ahorros de hasta un 50% son posibles en algunos sistemas aeróbicos de tratamiento de aguas residuales, alineando los parámetros de control con los estándares de descarga.
- Hasta un 25% en planta de tratamiento mediante lodos activados.

#### OTRAS OPORTUNIDADES

- Hasta el 20% en los procesos de potabilización, pero el uso de la energía en esta aplicación es baja.
- Hasta un 15% mediante la mejora en servicios de construcción.

Fuente | WERF, 2010.

oportunidades de ahorro) en bombas y motores, debido a especificaciones inadecuadas de los equipos, cambios en las condiciones de operación y falta de mantenimiento regular y estructurado. Un estudio del desempeño energético (incluyendo auditorías energéticas limitadas) en cinco EMASU en China, identificó varias mejoras con ahorros de energía de entre el 10 y 25% y periodos de recuperación de la inversión de 1,7 a 5,9 años<sup>17</sup>.

Una evaluación reciente en EMASU en países desarrollados de Europa y América del Norte, llegó a la conclusión de que es posible lograr ahorros de energía de entre 5 y 25% con inversiones económicamente viables. Las principales conclusiones se resumen en el Cuadro 2.1. Las áreas de oportunidad y su importancia relativa en términos de la magnitud del ahorro de energía no difieren sustancialmente de los resultados en países en desarrollo.

Un enfoque del sistema en conjunto es muy importante para maximizar el ahorro de energía y hacer más rentables las inversiones. Esto a menudo requiere la optimización del diseño y operación del sistema, en lugar de sólo enfocarse en equipos específicos. El análisis hidráulico de todo el sistema de suministro de agua puede ayudar a evitar la falta de acciones estratégicas e identificar mejoras al diseño.

Es importante señalar que la reducción de las pérdidas o fugas de agua, o en términos más generales, la reducción del Agua no contabilizada (ANC), tiene un impacto significativo en el consumo de

energía de las EMASU, pero a menudo se considera como un asunto independiente de las actividades relacionadas con el servicio debido a su complejidad técnica e institucional<sup>18</sup>. El ANC sigue siendo un grave problema en la mayoría de los países en desarrollo, en los que por lo general es mayor del 30% del agua en comparación con menos del 10% en los países con las mejores prácticas. Las fugas son con frecuencia la principal causa<sup>19</sup>. En la práctica, es común que mediante la gestión del ANC se elimine incluso el costo de infraestructura adicional de suministro de agua. Las medidas para reducir tanto las pérdidas de agua como la energía asociada, como es el caso de la reducción de fugas, pueden proporcionar un doble beneficio a las EMASU mediante el aumento del agua vendible sin aumentar el consumo de energía.

### BARRERAS A LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMASU

La optimización del uso de energía en el diseño y operación de los sistemas de suministro de agua y tratamiento de aguas residuales sigue siendo una práctica poco regular, incluso en países donde los costos de la energía son altos. Una serie de barreras inhiben la gestión proactiva de la energía para hacer frente a los problemas de la EE en las EMASU. Algunas barreras están profundamente arraigadas en la administración del sector y están asociadas a cuestiones institucionales y de normatividad. Otras están asociadas a la falta de conocimiento y “know-how” acerca de las oportunidades, soluciones y relación costo-beneficio de la EE. Otras más son causadas por el acceso limitado a las fuentes de financiamiento. Existen otras barreras relacionadas con las políticas de EE, así como a las condiciones del mercado de determinados países o regiones sub-nacionales en las que operan las EMASU. En la Tabla 2.2 se presenta un resumen de las principales barreras y medidas comunes para eliminarlas.

El compromiso de la alta dirección hacia la EE frecuentemente se señala como el factor más crítico para la eficacia y sostenibilidad de la EE en las EMASU. Sin un marco legislativo o ambiente institucional que exija el buen desempeño y la rendición de cuentas, los esfuerzos específicos de EE a nivel de EMASU son insostenibles.

La superación de las barreras para mejorar la EE requiere soluciones específicas para las EMASU y su entorno institucional y normativo, así como abordar cuestiones más allá del ámbito del sector. Desde el punto de vista gerencial, el fortalecimiento de los incentivos para el acceso a la EE por la vía de políticas, normas y/o financiamiento, significará un incremento del flujo de información de calidad en soluciones de EE y sus respectivas relaciones costo-beneficio asociadas, lo cual es esencial para los tomadores de decisiones en las EMASU para convertirse en verdaderos campeones de la energía.

La experiencia de SANASA, una EMASU brasileña con un buen rendimiento en la ciudad de Campinas, en la que la mejora en la calidad del servicio y la eficiencia son dignas de mención. Entre los años 2000 y 2008, SANASA fue capaz de aumentar el número de conexiones de agua un 22% sin consumos adicionales de energía. Estas nuevas conexiones fueron principalmente para los barrios urbanos más pobres y marginales, con lo que se logró alcanzar una cobertura de agua potable del 98% de la población de la ciudad en el 2008, en comparación con el 88% que disponía del servicio en el año 2000. La lección más importante aprendida de la experiencia de SANASA es que los esfuerzos sostenidos en EE tienen que estar basados en un deseo constante de mejorar el rendimiento del negocio, que es impulsado principalmente por el interés comercial de la EMASU, pero también es influenciado por sus obligaciones sociales. Lo anterior, en combinación con una buena administración, ha sido esencial para el éxito de SANASA<sup>20</sup>.

**TABLA 2.2**  
**Principales Barreras para mejorar la EE en las EMASU**

BARRERA/ÁREA	CONSECUENCIA	ACCIÓN PARA ELIMINAR LA BARRERA
<b>INSTITUCIONAL Y REGULATORIA</b>		
Politización de las tarifas de agua y aguas residuales	Ingresos insuficientes para cubrir la depreciación y mantenimiento, lo que lleva al deterioro de la infraestructura, la disminución de la calidad y eficiencia del servicio y la pérdida de solvencia de la EMASU	Reformas sectoriales que conforman la sostenibilidad financiera de la EMASU son una prioridad al abordar las preocupaciones sociales de los servicios de agua y saneamiento
Las limitaciones presupuestales del sector público	Las EMASU cuyos costos de operación son financiados con los presupuestos municipales se resisten a invertir en mejorar la EE, debido a la posible reducción en el presupuesto de operación	Establecer limitaciones financieras a las EMASU para que se independicen y se hagan responsables de la sostenibilidad financiera, lo que forma parte de la agenda de la reforma del sector
Bajo costo de la electricidad debido a los subsidios, costos de traspaso o bajas tarifas	Reducción o eliminación de incentivos para mejorar la EE	La eliminación de subsidios a la electricidad para las EMASU, lo que forma parte de la agenda de la reforma del sector
La EE no es un elemento requerido para evaluar el desempeño de las EMASU	La importancia fundamental de la salud pública tiende a hacer que los reguladores y las EMASU sean demasiado conservadores a la hora de balancear la EE y el rendimiento del proceso	Empezar con mejoras a los requerimientos del proceso, así como la medición de la energía y el agua y un programa de mantenimiento estructurado
Responsabilidades divididas para la adquisición de energía y la eficiencia de la operación	Complicaciones en la aplicación de medidas de EE. En muchos casos, el personal de operación no ve la factura de energía eléctrica y no tienen la responsabilidad de reducir el importe de dicha factura	EMASU grandes y medianas saldrían beneficiadas mediante la implementación de un sistema de gestión de la energía que tenga el mandato de controlar el importe de la factura eléctrica
El personal operativo de las EMASU, a menudo desempeña papeles distintos dentro de la organización	Limita las responsabilidades y desalienta la toma de conciencia de las repercusiones energéticas en el proceso	Similar al anterior
<b>CONOCIMIENTO Y "KNOW-HOW"</b>		
Inadecuada información acerca de las oportunidades, soluciones y la relación costo-beneficio de la EE; falta de credibilidad en los ahorros	Contribuye a la falta de interés y apoyo a la eficiencia energética por parte de los gerentes de las EMASU, así como de los responsables de elaborar políticas públicas y de las instituciones financieras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo y difusión de estudios de caso de buenas prácticas y proyectos exitosos</li> <li>• Desarrollo de un sistema de monitoreo y análisis de la información energética</li> <li>• Desarrollo de herramientas rápidas de evaluación para ayudar, informar y guiar a los tomadores de decisiones</li> <li>• Reconocimiento y premiación</li> </ul>

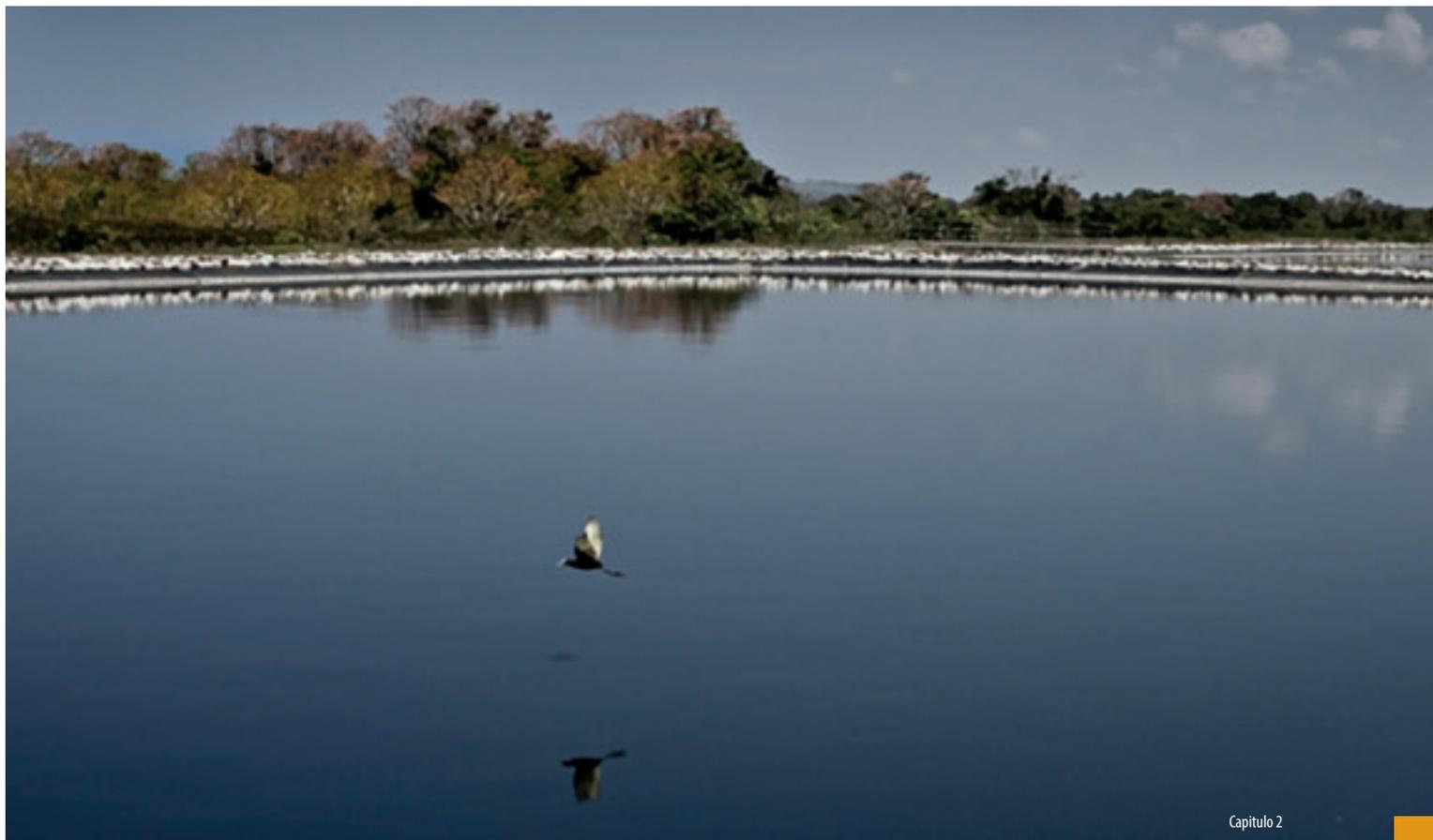
**TABLA 2.2**

**Principales barreras para la mejora de la EE en las EMASU**

BARRERA/ÁREA	CONSECUENCIA	ACCIONES PARA ELIMINAR LA BARRERA
<b>CONOCIMIENTO Y “KNOW-HOW”</b>		
Limitada capacidad interna de las EMASU para identificar y llevar a cabo la optimización energética	Inhibe a las EMASU en tomar decisiones sistemáticas y bien estructuradas de EE, minando la capacidad de la EMASU para determinar la viabilidad de los proyectos de EE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AT externa en capacitación para la evaluación energética y aprendizaje entre pares, con soporte gubernamental y donantes internacionales.</li> <li>• En los países grandes, los enfoques de asistencia multifacéticos, mediante agencias nacionales o regionales, compañías distribuidoras de energía eléctrica (obligadas mediante regulación) y ONG profesionales (véase el ejemplo de EE.UU. en el Anexo C).</li> </ul>
<b>ACCESO Y DISPONIBILIDAD DE FINANCIAMIENTO</b>		
La baja capacidad de crédito de las EMASU y/o las municipalidades, es un problema prevaleciente en muchos países donde opera el GBM.	Hace muy difícil, si no imposible el obtener financiamiento comercial para inversiones en EE.	<p>Esto requiere soluciones a largo plazo, apoyadas por reformas en el sector, pero se puede empezar con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el riesgo mediante el otorgamiento de garantías. Obtener fondos gubernamentales o de donantes internacionales.</li> <li>• Grandes EMASU nacionales, pueden obtener sus garantías del mismo gobierno y/o adicionalmente recibir créditos de bancos de desarrollo multilaterales.</li> <li>• En algunos casos, las inversiones pueden ser estructuradas como un proyecto con su propia factibilidad financiera (separado de las finanzas de la EMASU) y puede inclusive atraer inversión del sector privado. APP apoyadas por instituciones multilaterales o bilaterales de desarrollo.</li> </ul>

BARRERA/ÁREA	CONSECUENCIA	ACCIONES PARA ELIMINAR LA BARRERA
<b>ACCESO Y DISPONIBILIDAD DE FINANCIAMIENTO</b>		
Bajo monto de las inversiones en EE.	Hace que las inversiones en EE en las EMASU sean poco atractivas para los prestamistas comerciales y los bancos multilaterales de desarrollo, debido a los altos costos de transacción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unión mediante acuerdos con terceros, tales como empresas de servicios energéticos, como las ESEE.</li> <li>• Fondos nacionales o provinciales dedicados a inversiones en eficiencia energética en las EMASU.</li> <li>• Acceso a financiamiento de carbono/ climático, para compensar los costos de transacción.</li> </ul>
Mercado subdesarrollado de financiamiento en EE.	Muchas inversiones financieramente atractivas en EE no pueden implementarse.	Requiere de un esfuerzo nacional para desarrollar políticas de eficiencia energética, una industria de servicios energéticos, gestión desde la demanda y fuentes de financiamiento comercial en EE. Desarrollo de instituciones multilaterales y bilaterales que faciliten los esfuerzos de financiamiento. AT mediante proyectos piloto y demostrativos.

Fuente | Compilación de los Autores





## GESTIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMPRESAS MUNICIPALES DE AGUA Y SANEAMIENTO URBANO

La mejora de la EE es a menudo el foco de las actividades de gestión de energía de las EMASU. Pero la gestión de la energía también incluye actividades que reducen el costo de energía y no necesariamente su consumo. Mantener un compromiso a largo plazo para mejorar el desempeño energético, requiere de un esfuerzo organizado y sostenido para identificar las lagunas, desarrollar soluciones rentables y garantizar el financiamiento de las inversiones necesarias. Esta sección presenta las experiencias y lecciones aprendidas sobre la gestión de la energía a nivel de organismo operador.

### ¿QUÉ IMPLICA LA GESTIÓN ENERGÉTICA?

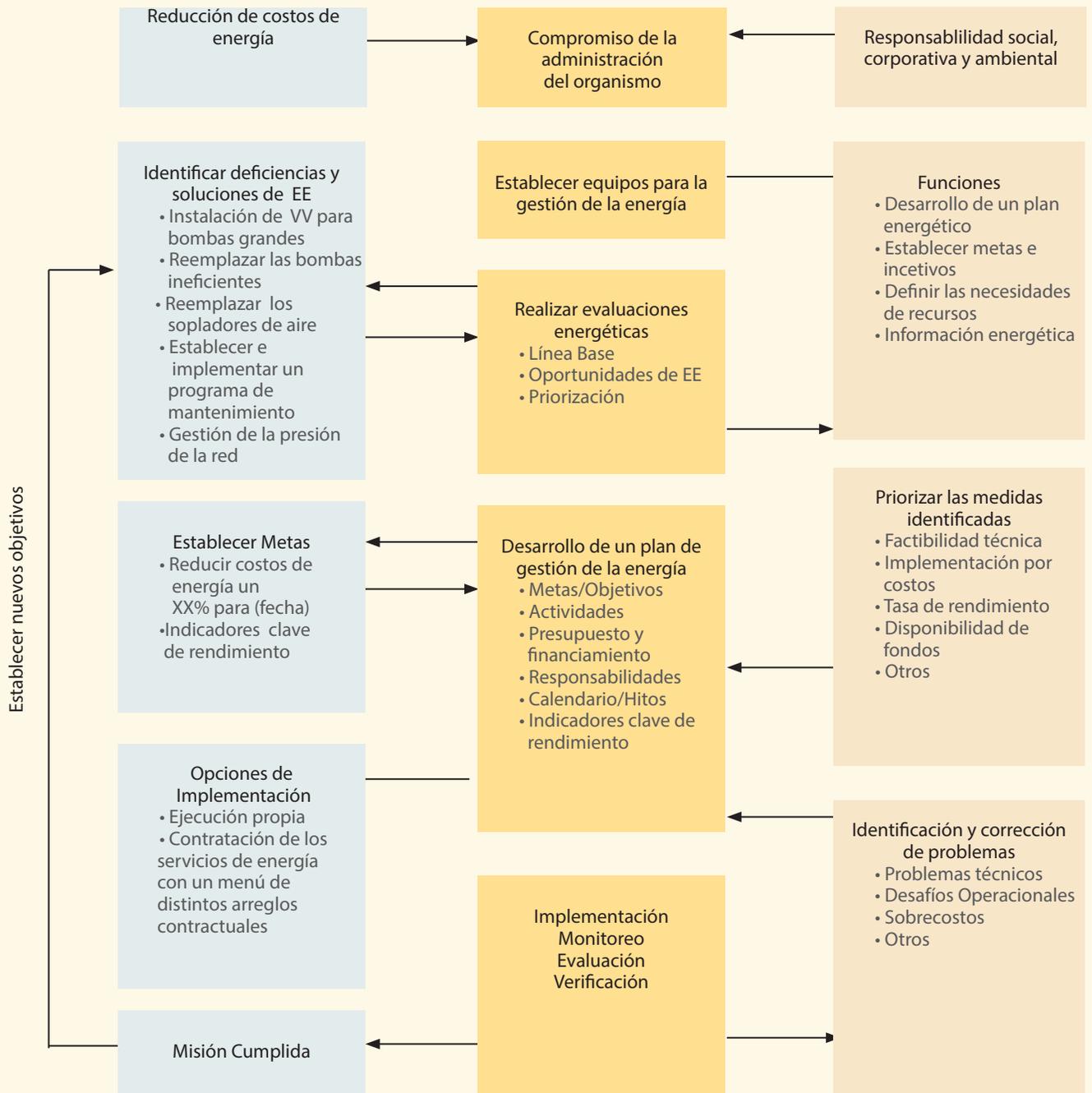
El objetivo principal de la gestión energética en las EMASU, es reducir el importe de la factura energética, sin comprometer la salud pública, cumpliendo con la normativa ambiental y las obligaciones del servicio. La premisa es que la gestión de la energía tiene que pagarse por sí misma y proporcionar un beneficio financiero neto a la EMASU. Las actividades de gestión de energía en la EMASU, algunas de las cuales no conducen a un ahorro de energía neta, se pueden dividir en tres categorías por objetivos<sup>22</sup>:

**1. REDUCCIÓN DE LA DEMANDA Y EL CONSUMO DE ENERGÍA**, mediante la mejora de la EE de los equipos, los procesos y la prestación del servicio en general. Esto incluye todas las actividades/medidas que se traduzcan en una reducción real de la demanda y el consumo de energía, manteniendo el mismo nivel de servicio y el cumplimiento de normas, por ejemplo, la reducción en kW y kWh por metro cúbico de agua suministrada o aguas residuales tratadas (compatible con las mismas normas de efluentes). Ejemplos de medidas específicas de EE incluyen: el mantenimiento regular, la instalación de variadores de velocidad (VV) para controlar la operación de la bomba, la iluminación y la eficiencia del acondicionamiento ambiental en oficinas y salas de control, la optimización energética de los procesos de tratamiento de aguas residuales, la rehabilitación de las redes y el control activo de fugas a través de la gestión de la presión.

**2. GESTIÓN DE LA DEMANDA PICO Y OTROS CARGOS**, ajustando los horarios de operación y evitando sanciones en la facturación. Estas actividades generan ahorros en costos de energía, pero no de energía. En muchos países, las compañías eléctricas realizan cargos por demanda/capacidad (kW), así como por el consumo (kWh) durante el período de carga máxima del sistema eléctrico, con una tarifa mucho mayor que la de fuera de los periodos pico. Las EMASU pueden reducir los costos de la energía mediante la reducción de la demanda máxima, al suspender algunas operaciones de bombeo y tratamiento durante el periodo pico, posiblemente con el uso de sistemas de control automatizados. Esto puede implicar el uso de reservorios elevados y tanques de agua para la temporada baja de bombeo<sup>23</sup>. Además, las empresas eléctricas pueden penalizar a las EMASU por operar con bajo factor de potencia, lo que puede ser corregido mediante la instalación de capacitores<sup>24</sup>.

**FIGURA 3.1**

**Proceso de gestión de la energía en compañías de agua potable y residual**



Fuente | Los Autores.

**3. GESTIÓN DE LA CONFIABILIDAD DE LOS COSTOS DE ENERGÍA Y MEJORA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO**, invirtiendo en fuentes de alimentación alternativas. Las EMASU pueden adoptar una serie de actividades para protegerse de futuras alzas de precios de la electricidad, así como de potenciales interrupciones en el suministro, mediante la negociación de contratos de suministro de energía a largo plazo, la participación en programas de gestión de la demanda de servicios públicos de electricidad y en inversiones financieramente atractivas de generación en sitio, tales como utilización de biogás a partir de digestores de lodos anaeróbicos<sup>25</sup>.

Las actividades correspondientes a los dos primeros objetivos son en general adoptadas por las EMASU, aunque a veces existe un conflicto entre ellas. Por ejemplo, cambiar la operación de los equipos de las horas pico a las horas de menor costo podría repercutir en un aumento de presión en la red durante los períodos de baja demanda de agua (por la noche), lo que conduciría al incremento de las fugas de agua (y el contenido energético del volumen de agua fugado). Este conflicto puede ser mejor manejado o resuelto con modelos hidráulicos y la sectorización de la red<sup>26</sup>, para entender mejor el comportamiento de las fugas bajo diferentes regímenes de operación<sup>27,28</sup>.

Para poder llevar a cabo las actividades mencionadas con eficacia y eficiencia, las EMASU necesitan adoptar un enfoque estructurado de gestión de la energía. La norma internacional recientemente publicada de Sistemas de Gestión de la Energía (ISO-50001) ofrece guías útiles<sup>29</sup> para la buena gestión de la energía. Las prácticas en general siguen un proceso iterativo de “Planear-Hacer-Revisar-Actuar”. Además, las guías bien documentadas proporcionan guías detalladas para las EMASU sobre la configuración y la implementación de un sistema de gestión de la energía<sup>30</sup>. Los elementos básicos de este proceso se discuten más adelante.

## BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Para las EMASU grandes y medianas hay multitud de oportunidades y opciones para reducir el costo de la energía. La optimización energética es una tarea compleja que implica equilibrar varios objetivos y esfuerzos sustanciales en la adquisición de datos y el análisis operativo, lo cual puede requerir capacitación y financiamiento externo<sup>31</sup>. Un proceso gradual y de largo plazo permitirá a la EMASU afrontar mejor los requisitos de organización y de financiamiento para lograr resultados rentables. La gestión de la energía puede empezar en una instalación y se puede ampliar a instalaciones adicionales, a medida que se incremente la capacidad interna del organismo. Los siguientes pasos (también se muestran en la Figura 3.1) son una guía general hacia una mejor gestión de la energía. Por supuesto, tendrá que ser manejado de acuerdo a la capacidad y los recursos disponibles de la EMASU específica<sup>32</sup>:

### **1. ESTABLECER UN COMPROMISO ORGANIZACIONAL Y UN EQUIPO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA:**

Las grandes EMASU suelen tener múltiples instalaciones y organizaciones multi-departamentales, cuya gestión energética requiere de la coordinación entre diferentes equipos de trabajo. El compromiso debe venir del nivel más alto en la organización, a través de la creación de un equipo de gestión de energía multidisciplinario, que trabaje eficazmente con los diferentes departamentos dentro del organismo, tales como operaciones, ingeniería y contabilidad. El equipo de gestión de la energía tiene que tener responsabilidades y recursos claros para apoyar iniciativas viables.

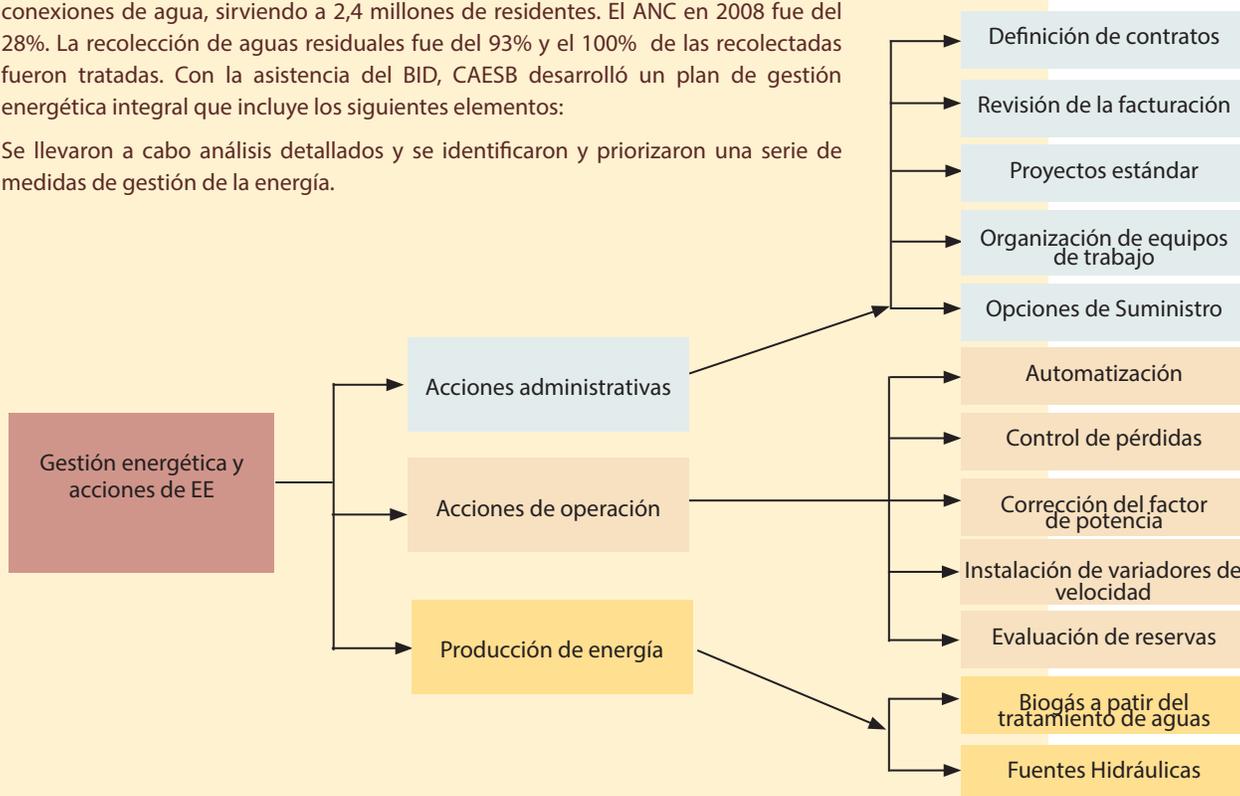
**2. CONDUCIR UNA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL ORGANISMO:** Es necesario tener un conocimiento básico del uso y costo de la energía (dónde, cuánto y cuándo) para identificar las oportunidades y

### CUADRO 3.1

#### Gestión de la Energía en CAESB, Brasilia Distrito Federal EMASU

La Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) tiene 548.000 conexiones de agua, sirviendo a 2,4 millones de residentes. El ANC en 2008 fue del 28%. La recolección de aguas residuales fue del 93% y el 100% de las recolectadas fueron tratadas. Con la asistencia del BID, CAESB desarrolló un plan de gestión energética integral que incluye los siguientes elementos:

Se llevaron a cabo análisis detallados y se identificaron y priorizaron una serie de medidas de gestión de la energía.



Fuente | Luiz Carlos Itonaga de CAESB, luizitonaga@caesb.df.gov.br.

medidas de reducción del consumo de energía y priorizar su implementación. El análisis de la línea base puede incluir una auditoría energética preliminar a todo el organismo o incluso a una sola de las instalaciones, entrevistas al personal y el análisis en gabinete de los datos de mediciones y la facturación eléctrica para identificar áreas de mejora inmediata y aquellas que requerirán una futura evaluación. Auditorías energéticas de baja profundidad se pueden llevar a cabo si la EMASU desea confirmar las oportunidades clave de EE.

**3. DESARROLLO DE UN PLAN DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA:** Una vez se vayan recopilando y analizando los datos y se identifiquen y prioricen las oportunidades y opciones clave, se debe desarrollar un plan para encauzar los esfuerzos de gestión de la energía con objetivos específicos, resaltar las medidas y actividades, presupuestos, contratos de implementación (ejecución propia y servicios contratados), opciones de financiamiento, programación, etc. Es importante asegurarse de que el programa propuesto esté dentro de la capacidad de ejecución del organismo y no sobrepase los recursos técnicos, financieros y de gestión del mismo. Para determinar las inversiones en eficiencia energética, se pueden llevar a cabo auditorías energéticas con grado de inversión, ya sea por el proveedor de servicios de EE o por una entidad aceptable para el financiero, en función de las opciones de financiamiento y contratos de implementación.

#### 4. IMPLEMENTAR EL PLAN DE ACCIÓN, MONITOREAR EL PROGRESO, EVALUAR Y VERIFICAR LOS RESULTADOS

Un plan de implementación es una guía viva y debe ser ajustado para hacer frente a los problemas que puedan surgir durante la ejecución. Por ejemplo, una opción de financiamiento propuesta puede fallar y se pueden necesitar otras fuentes de financiamiento. El progreso, los cambios y los resultados se deben comunicar de manera oportuna al personal y al gestor: mantenerlos informados, los mantendrá comprometidos y capaces de resolver cualquier imprevisto rápidamente.

Las EMASU en los países en desarrollo, a menudo con la ayuda internacional de los donantes, se han embarcado en programas estructurados de gestión energética. Por ejemplo, el BID ha estado trabajando con varias EMASU en América Latina para promover la EE. La Compañía de Saneamiento Ambiental del Distrito Federal, que sirve a la capital de Brasil, ha identificado una serie de oportunidades de inversión en eficiencia energética y está en conversaciones con el BID para el financiamiento de las inversiones (cuadro 3.1).

#### HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA

**SISTEMA DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE ENERGÍA.** Un sistema de monitoreo y seguimiento (MyS) de energía, es una herramienta computacional de gestión de costos de energía. Es escalable y se puede adaptar a una o varias instalaciones, ofreciendo un buen punto de partida para que la EMASU pueda iniciar un proceso estructurado de gestión de la energía basado en datos como se sugiere en la sección anterior (Cuadro 3.2).

ESMAP prestó AT para implementar sistemas de MyS de energía en tres EMASU Brasileñas en la década del 2000. Los resultados han sido mixtos: de las dos empresas que efectivamente implementaron el programa de MyS de energía, una ha reducido la intensidad energética del suministro de agua (medida en kWh/m<sup>3</sup> de agua producida) en aproximadamente un 5%, mientras que no se observaron cambios significativos en la otra, la que tiene una significativamente menor intensidad energética, debido a que gran parte de la distribución de agua es por gravedad. Sin embargo, las EMASU Brasileñas han mostrado un creciente interés en el uso de sistemas de MyS de energía en los últimos años. CAESB por ejemplo, es uno de los más recientes en adoptar el sistema.

Es probable que los sistemas de MyS de energía tengan mayor aceptación entre las EMASU donde el costo de la energía es una mayor preocupación y ya hay un esfuerzo institucional en marcha para optimizar el uso de energía. El sistema de MyS de energía también puede servir como una plataforma útil para introducir prácticas de gestión energética en las EMASU. En la medida que los sistemas automatizados de adquisición de datos, tales como los sistemas SCADA, comiencen a utilizarse más ampliamente por las EMASU, la gestión de la energía a través de sistemas de MyS será más fácil de implementar.

**AUDITORÍAS ENERGÉTICAS.** Cualquier búsqueda seria de gestión energética requiere de auditorías energéticas. El alcance y la profundidad de la auditoría energética deberá coincidir con el propósito de la misma. Auditorías energéticas simples, que son necesarias para obtener una comprensión básica del uso de la energía en una EMASU, no son muy caras y por lo general implican un recorrido por las instalaciones (se pueden utilizar equipos de medición portátiles) y un análisis de escritorio rápido de la información disponible ayuda a identificar los principales problemas e indicar soluciones y costos potenciales. EE.UU. Muchos estados ofrecen servicios de auditorías energéticas simples gratuitas para las EMASU, como parte de los programas de apoyo a la inversión del gobierno en EE. Muchas compañías eléctricas ofrecen servicios similares bajo sus programas de gestión desde la demanda.

### CUADRO 3.2

#### Fundamentos del sistema de monitoreo y seguimiento de energía

La creación de un sistema de MyS de energía, implica: (i) la instalación de medidores (de electricidad y agua), (ii) la instalación y configuración de hardware, periféricos y software para el registro de datos, comunicación, almacenamiento, análisis y presentación y (iii) la puesta en marcha de todo el sistema, incluyendo la capacitación y el soporte.

Este sistema es capaz de informar cómo, dónde y cuándo se usa la energía, resaltar los problemas de rendimiento en equipos o sistemas, alertar acerca de consumos en exceso e identificar áreas de desperdicio para reducir el consumo y proporcionar mediciones objetivas de los ahorros obtenidos. También puede comprobar la facturación eléctrica, proporcionar reportes automáticos del consumo y la demanda y pronosticar la demanda para facilitar la planificación.

Las EMASU no iniciadas pueden necesitar la ayuda de un especialista externo para establecer un sistema de MyS de energía. Las actividades iniciales suelen incluir lo siguiente:

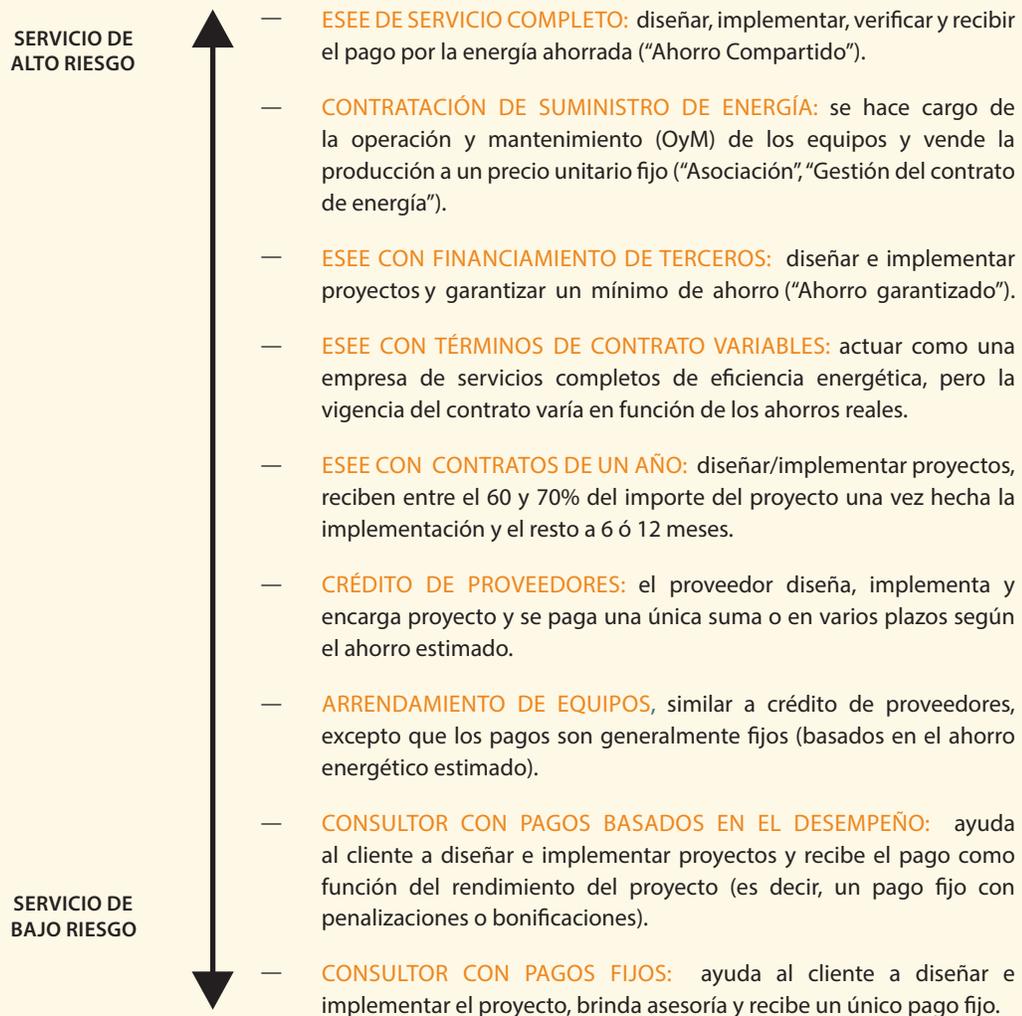
1. Un informe del sistema de MyS para los tomadores de decisiones y el personal clave.
2. Un diagnóstico clínico, incluyendo auditorías energéticas simples, para:
  - Identificar centros de costos de energía y su estado y necesidades de medición.
  - Adecuar la gestión energética y la estructura de los reportes
  - Determinar los factores de costo de energía
  - Establecer la línea base y los objetivos de mejora inicial (primer año)
  - Evaluar las capacidades internas e identificar las necesidades de AT para el primer año
  - Estimar el presupuesto para las actividades del primer año
3. Formación de un comité interno de gestión energética con responsabilidades claramente definidas y líneas de presentación de informes del personal involucrado.
4. Identificación de fuentes de financiamiento confiables para las actividades del primer año .
5. Implementación de un sistema de MyS de energía y requiere adquisición de software de análisis de datos.
6. Preparación de un plan de implementación para la formalización de acuerdos de gestión energética, con el plan detallado de trabajo del primer año y una descripción clara del proceso para asegurar la sostenibilidad del sistema.

Dependiendo de la disponibilidad de fondos, el diagnóstico inicial puede incluir auditorías energéticas que requieran mediciones de energía en las instalaciones principales, lo que ayudaría a elaborar un plan de acción más robusto.

En el Anexo D se proporciona un ejemplo de términos de referencia de un diagnóstico clínico realizado en una EMASU en Vietnam.

### FIGURA 3.2

#### Modalidades de los CDAE y riesgos asociados a los prestadores de servicios



Fuente | Singh et al., 2010, Servicios de la Procuraduría de la Eficiencia Energética

Las auditorías energéticas detalladas o auditorías energéticas con grado de inversión, implican la evaluación a fondo de los equipos y procesos individualmente, determinando el uso final y el rendimiento energético en toda la planta, con mediciones reales y el análisis detallado del consumo energético y los datos de facturación históricos. Esto proporciona robustez a la cuantificación de ahorros y costos de inversión, así como al retorno de las inversiones de todas las medidas identificadas. Dependiendo del tamaño y tipo de EMASU, una auditoría energética detallada puede tardar varias semanas en completarse y puede ser costosa. Las auditorías con grado de inversión no son aconsejables si no existe la seguridad de contar con el financiamiento para la implementación. En general, las auditorías energéticas con grado de inversión deben ser administradas por la parte que asume el riesgo de los resultados.

**CONTRATO POR DESEMPEÑO DE AHORRO ENERGÉTICO (CDAE).** Un CDAE implica la existencia de una Empresa de Servicios de Eficiencia Energética (ESEE) que proporcione al consumidor de energía, una serie de servicios relacionados con la adquisición de productos, tecnologías y equipos de EE. Para la contratación de servicios externos de EE, la EMASU debe tener conocimientos técnicos. La parte más innovadora de los CDAE es que pueden funcionar como instrumentos de financiamiento, además de proporcionar las herramientas de gestión energética. Las ESEE de servicios completos pueden incluir financiamiento para las mejoras en EE, sin sobrecargar a la EMASU con la tarea de garantizar el capital inicial. Las modalidades de los CDAE para diferentes tipos de servicios, así como los riesgos asociados de las ESEE se muestran en la Figura 3.2.

El uso de CDAE en las EMASU, es bastante común en América del Norte, donde la industria de servicios energéticos es madura y los contratos de negocios están bien desarrollados. En los Estados Unidos, por ejemplo, después de que una ESEE es seleccionada para realizar auditorías energéticas con grado de inversión, la EMASU tiene que gestionar su propio financiamiento, a través de préstamos de fondos rotativos o bonos municipales. Los fondos pueden incluir subsidios parciales y algunos bonos tienen la condición de exención de impuestos. La EMASU puede contratar a la ESEE para la implementación de proyectos según resultados, a menudo con garantía de ahorros<sup>33</sup>. Si el ahorro de energía de los proyectos no se alcanza plenamente, los pagos a la ESEE pueden reducirse.

En países en desarrollo, la industria de servicios energéticos se ha desarrollado poco y para los prestadores de servicios ha sido particularmente difícil entrar en el sector municipal, a causa de las barreras<sup>34</sup> sistémicas del sector, pero ha habido algunos casos de éxito. Por ejemplo, la ciudad de Emfuleni, Sudáfrica, fue capaz de llevar a cabo un proyecto de ahorro de agua y energía a través de un CDAE con ahorros compartidos. (Cuadro 3.3).

**ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS.** Mientras que las asociaciones público-privadas (APP) en el suministro municipal de agua y saneamiento son principalmente para mejorar los servicios, el financiamiento a las EMASU para mejorar la EE también es una buena opción, sobre todo cuando la reducción de fugas es obligatoria. En cierto sentido, las APP pueden considerarse un mecanismo de EE y los CDAE en muchos casos son una forma de APP, como se ejemplifica en el proyecto Emfuleni. Mientras que las APP en el sector de agua y saneamiento obtuvieron resultados mixtos, los operadores privados han contribuido constantemente a la mejora de la eficiencia operativa y a la calidad del servicio<sup>35</sup>. El BM ha tenido operaciones exitosas con APP en el sector con beneficios significativos en la mejora de la EE (cuadro 3.4).

## INSTRUMENTOS DE FINANCIAMIENTO

Las EMASU pueden usar los fondos de su flujo de caja para financiar mejoras de EE, pero por lo general operan con bajos presupuestos para OyM y con fondos limitados para infraestructura, situación que los limita para la implementación de medidas de EE de bajo costo con resultados rápidos. En algunos casos, los organismos pueden manipular los fondos de manera interna para llevar a cabo modernizaciones en sus sistemas de bombeo. Sin embargo, el acceso al financiamiento externo a menudo es necesario para la ejecución de proyectos de optimización de energía intensivos en capital o proyectos con plazos de recuperación relativamente largos. Dependiendo de las situaciones nacionales y locales, las EMASU pueden tomar ventaja de los siguientes instrumentos financieros externos para financiar total o parcialmente las inversiones en EE:

**FINANCIAMIENTO CON PAGO DIFERIDO**, también se considera una fuente de financiamiento interna, es un proceso de endeudamiento a corto plazo, donde el organismo hace pagos al proveedor poco después de recibir los suministros y servicios. Tales acuerdos pueden permitir a la EMASU comprar equipos de alta eficiencia para mejorar las instalaciones, si el costo adicional se puede recuperar rápidamente a través de los ahorros operacionales.

**FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS MEDIANTE CDAE**, requiere que el proveedor del servicio cubra el costo del proyecto con sus propios fondos (por ejemplo, los créditos proporcionados por los proveedores de equipos) o mediante el financiamiento de terceros (por ejemplo los bancos comerciales). Los reembolsos para este tipo de financiamiento se hacen a partir de los ahorros de energía del proyecto, pero dependerá de la naturaleza específica del CDAE (consulte la Figura 3.1 y las referencias relacionadas).

**FONDOS DE EE, LÍNEAS DE CRÉDITO Y GARANTÍAS DE RIESGO**, han sido utilizados por varios clientes del GBM, como Bulgaria, China, Hungría, Rumania, Túnez, Turquía y Ucrania. Pero no hay casos documentados en los que se hayan aplicado estos mecanismos de financiamiento en EMASU, aunque los programas propuestos recientemente en Rusia y Turquía podrán hacerlo.

**FONDOS DE DESARROLLO MUNICIPAL O URBANO** son a menudo un vehículo de financiamiento marco, que el BM utiliza para tratar una amplia gama de necesidades de inversión en el desarrollo urbano, incluyendo mejoras a la infraestructura de los sistemas de agua y saneamiento. Los fondos municipales constituyen una alternativa importante en países donde el acceso al financiamiento para la infraestructura municipal es limitada. El cuadro 3.5 describe el proyecto de infraestructura urbana financiado por el BM en Ucrania, diseñado específicamente para inversiones en eficiencia energética en las EMASU y continúa en fase de implementación.

**BONOS MUNICIPALES** son utilizados a veces para las grandes inversiones de optimización energética (por ejemplo, la generación de energía mediante biogás) o para las inversiones de rehabilitación que también generan importantes beneficios energéticos. En las economías maduras y las ciudades con buena calificación crediticia, los bonos municipales son una opción de financiamiento de bajo costo, con exención de impuestos y a menudo de largo plazo, para inversiones en EE. Por ejemplo, en los EE.UU. Las EMASU pueden introducirse en el mercado de bonos municipales, mediante la emisión de un bono de obligación general, respaldado por la promesa del gobierno local para utilizar los ingresos fiscales para cumplir con las obligaciones del servicio de deuda.

### CUADRO 3.3

#### Utilización del CDAE para la reducción de fugas y la mejora de la EE, Emfuleni, Sudáfrica

La compañía de agua municipal Metsi-a-Lekoa de Emfuleni, Sudáfrica, distribuye el agua a 70.000 hogares en Evaton y Sebokeng. Debido al deterioro de la infraestructura, el 80% del agua potable se fugaba de las tuberías y accesorios. Una investigación técnica determinó que mediante la adopción de la gestión de la presión en la red de distribución, las fugas de agua podrían reducirse drásticamente, al mismo tiempo que reducir los costos de bombeo.

Metsi-a-Lekoa, carecía de capacidad técnica para preparar y ejecutar el proyecto y consiguió pocos recursos para financiar la inversión. Al compartir el ahorro mediante un CDAE podría abordar ambas cuestiones. Emfuleni contrató a la ASE como asesor técnico para diseñar y preparar el proyecto, así como para brindar los servicios de ingeniería y verificación de ahorros.

A través de una licitación, Metsi-a-Lekoa firmó un contrato de eficiencia energética e hidráulica con WRP Engineering Consulting Company, bajo un acuerdo de “construcción-operación-transferencia” por un período de cinco años. WRP actuó como una ESEE al prestar los servicios y asumir todos los riesgos y obtuvo el financiamiento del Standard Bank de Sudáfrica.

En el marco del “Acuerdo de ahorros compartidos”, WRP recibió la remuneración por su trabajo durante un período de cinco años. El 20% de los ahorros serían devengados por WRP y el 80% retenidos por Metsi-a-Lekoa. Después de 5 años, las operaciones serían transferidas al organismo sin costo, siempre y cuando éste mantuviera al 100% los ahorros. El proyecto fue diseñado para funcionar por lo menos durante 20 años bajo este esquema.

El proyecto logró resultados impresionantes: ahorros de 7 a 8 millones de m<sup>3</sup> de agua anuales y 14.250MWh de energía eléctrica, con un valor total de US\$3,8 miles de millones al año. WRP recuperó su inversión en un año; la rentabilidad total de WRP representó cuatro veces la inversión inicial. Pero la mayor parte del beneficio se quedó en el Municipio de Emfuleni.

Fuente | ESMAP, 2010, Good Practices in City Energy Efficiency, <http://www.esmap.org/esmap/node/231>.

### CUADRO 3.4

#### Ejemplo de contribución de la APP en el desempeño energético de la EMASU

El proyecto de agua y saneamiento de Yerevan, que comenzó con un contrato de gestión a cinco años al que le siguió un contrato de arrendamiento a 10 años, ha tenido éxito en la mejora del servicio y la EE del suministro de agua. Durante la fase del contrato de gestión (2000-2005), el suministro de agua se incrementó de 6 a 18 horas por día, la tasa de recaudación mejoró del 20 al 80% y el consumo de electricidad se redujo en un 30% con respecto a los niveles del año 2000.

El contrato de gestión, otorgado en el año 2000, tenía objetivos concretos para aumentar las horas de suministro de agua, medición y recaudación de ingresos, así como la reducción de las pérdidas de agua y el consumo de energía, a través de la re zonificación de la red de distribución, la mejora de motores y bombas y la rehabilitación de la infraestructura.

Durante el contrato de arrendamiento, otorgado en el año 2006, se logró una reducción en el consumo anual de electricidad de un 18% entre 2006 y 2010. Entre otras cosas, el arrendatario estableció zonas de presión en la red de distribución, suministró agua a nueve comunidades de la ciudad de Yerevan. Rehabilitó 292 pozos; reemplazó 27,9 kilómetros de tuberías de agua e instaló más de 150 bombas nuevas y eficientes en las plantas de tratamiento de agua y en varias estaciones, lo que aumentó la presión del agua en los edificios.

Fuente | ESMAP case study: <http://www.esmap.org/esmap/node/1172>.

**LOS PROGRAMAS GLD DE LAS COMPAÑÍAS ELÉCTRICAS**, en muchos países desarrollados, los gobiernos y las compañías distribuidoras de electricidad ofrecen descuentos y otros incentivos para alentar inversiones en EE. Estos programas también se ofrecen en algunos países en desarrollo, como el programa de EE de la “Agência Nacional de Energia Elétrica” (ANEEL) de Brasil<sup>36</sup>. En lugares donde las compañías eléctricas requieren promover la EE entre los usuarios, como Brasil, Sudáfrica y muchos estados de EEUU, las empresas eléctricas pueden ofrecer préstamos de bajo interés o bonificaciones para proyectos de EE. El financiamiento en la facturación (FEF) puede ser utilizado como un medio para sufragar los costos de inversión. Bajo FEF, la empresa eléctrica proporciona préstamos sin garantía para cubrir hasta el 100% de las inversiones en EE. La EMASU pagará el préstamo a través de la facturación regular. Los ahorros obtenidos suelen igualar o superar la cuota mensual del FEF.

**FINANCIAMIENTO DE CARBONO**, como Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), se ha demostrado como un mal recurso para proyectos EE debido a una combinación de dificultades en el seguimiento y la verificación del ahorro de energía y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, debido a la naturaleza artesanal de muchos proyectos de EE y a los altos costos de transacción. Las EMASU son uno de los pocos casos en que estos factores pueden ser manejados satisfactoriamente para las operaciones de financiación de carbono, debido a la relativa predictibilidad de sus operaciones. El proyecto MDL de abastecimiento de agua en la India, ofrece algunas lecciones para aprovechar el mercado de carbono para la EE en EMASU (Cuadro 3.6).

**OTROS MECANISMOS CLIMÁTICOS DE FINANCIAMIENTO**, como es el caso del fondo global para el medio ambiente y el fondo de tecnología limpia, también pueden ser utilizados para financiar la EE en EMASU, generalmente a través de programas nacionales en los que el uso de dichos fondos se justifica para ayudar a eliminar barreras de acceso al financiamiento para mejorar la EE.

### CUADRO 3.5

#### Proyecto de infraestructura urbana en Ucrania

En Ucrania, las EMASU han estado operando en una situación financiera difícil. La cobranza, principal fuente de ingresos, sólo cubre el 88% de los costos operativos. El déficit operativo y la falta de financiamiento privado a largo plazo han dificultado proporcionar un servicio confiable y de calidad.

El proyecto en curso de infraestructura urbana en Ucrania financiado por el BM, incluye un componente piloto para EE de US\$76,47 millones, para abordar renovaciones urgentes con potencial de reducción de los costos de energía. La componente proporciona fondos a cualquier EMASU de Ucrania que cumpla con los siguientes criterios: (i) completar un plan de negocios satisfactorio de acuerdo con el Ministerio de Vivienda y Servicios Comunes, (ii) proporcionar un análisis técnico-económico que confirme el ahorro de energía potencial por un mínimo de 15% a través de las inversiones propuestas y (iii) se autoricen los préstamos del BM según lo confirmado por el Ministerio de Hacienda.

Fuente Documento base de diseño de proyectos MDL

### CUADRO 3.6

#### Uso del MDL para la mejora de la EE en el bombeo de agua en Karnataka

El objetivo de este proyecto MDL es reducir la energía consumida para el suministro de agua a partir de ocho estaciones de bombeo en seis municipios del estado de Karnataka, India. Se espera que el proyecto ahorre aproximadamente 23,7 millones de kWh al año, lo que reducirá las emisiones de gases de efecto invernadero en 21.333 tCO<sub>2</sub>e en promedio al año.

Las medidas adoptadas incluyen: (i) Instalación de bombas más eficientes, incluyendo el correcto dimensionamiento de las mismas, para responder a una mayor demanda de agua (frente a la opción de incrementar los períodos sin agua); (ii) desmantelamiento de las bombas más antiguas; y (iii) introducción de mejoras en la medición, el monitoreo y otras prácticas.

El proyecto MDL adoptó una metodología de baja escala desde la demanda para permitir el monitoreo a nivel de sistema de bombeo. El proyecto inicialmente desarrolló una metodología que incluía la reducción de la pérdida de agua, pero más tarde retiró esta metodología, debido a la reducida escala del proyecto y a la falta de información básica.

Este proyecto MDL está asociado con el proyecto de mejoramiento del sector agua de Karnataka, financiado con un préstamo AID de US\$39,5 millones a la corporación financiera para el desarrollo de infraestructura de Karnataka (aprobado en abril de 2004). Tres de los municipios fueron incluidos en el proyecto del Banco Mundial.

Este proyecto MDL sigue sufriendo retrasos y reducciones en su escala. Sin embargo, representa una innovación en el financiamiento a EMASU y las lecciones aprendidas ayudarán a acelerar la ejecución de proyectos MDL similares en el futuro. La mayoría de los municipios no pagaban las facturas de electricidad antes del proyecto, lo que significaba un gran desafío para recabar los datos necesarios para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero que se evitarían.

Fuente | Documento base de diseño de proyectos MDL



# 4

## IMPLEMENTACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EMPRESAS MUNICIPALES DE AGUA Y SANEAMIENTO URBANO

### MARCO DE ACCIÓN

Los principales desafíos para la ampliación de la EE en los servicios municipales de agua y saneamiento para los clientes del GBM se derivan de los problemas del sector gobierno, la falta de conocimientos y los obstáculos para el financiamiento. La administración gubernamental afecta el rendimiento general de las EMASU individuales e influye la toma de decisiones, así como los incentivos y las acciones de gestión energética. Esta es probablemente la barrera más importante de las EMASU para la EE en muchos países en desarrollo. Abordar las brechas de conocimiento requiere esfuerzos para sistematizar la colección de datos, el entrenamiento y la creación de capacidades en las EMASU, con el apoyo de los gobiernos locales y nacionales. El acceso al financiamiento para la EE es un obstáculo, debido a problemas de riesgo de crédito sistémicos, asociados a los sectores municipales en los países en desarrollo, así como a la falta de un entorno propicio para inversiones en EE. En la Tabla 4.1 se describen las acciones fundamentales necesarias en estas áreas en muchos de los países clientes del GBM, así como en los bancos multilaterales de desarrollo (BMD). Más adelante se proporcionarán más ejemplos.

### ACCIONES PARA LOS GOBIERNOS NACIONALES Y LOCALES

Los gobiernos nacionales y/o sub-nacionales siguen siendo la fuerza dominante en el sector de agua y saneamiento en los países en desarrollo, como financiador/propietario de la infraestructura y como regulador. Su compromiso con las reformas de mercado y la EE son más críticos en la eliminación de las principales barreras para mejorar la EE en las EMASU. Las acciones específicas incluyen:

- Reformas de mercado para mejorar la gestión del sector y la sostenibilidad e independencia financiera de las EMASU. Los principios básicos del mercado son requisitos obligatorios: medir el consumo y la facturación basada en eliminar subsidios operativos (incluyendo los subsidios de energía) y avanzar hacia las tarifas de recuperación plena de costos, junto con mejoras en el servicio y la asistencia social focalizada. La revisión de las tarifas debe incluir requisitos de desempeño operacional, incluida la mejora del servicio y la EE. Otra influencia gubernamental a través de incentivos, puede incluir la vinculación del otorgamiento de fondos del gobierno con la calidad del servicio prestado por la EMASU, incluyendo la EE.
- Esfuerzos y recursos para apoyar la creación de capacidades a nivel sectorial para mejorar el rendimiento operativo, incluyendo la EE. Esto puede incluir el establecimiento de valores clave de EE como parte de la evaluación del desempeño de la EMASU, además del cumplimiento de la normatividad básica y la vinculación de dicha evaluación a la elegibilidad para el financiamiento público. Otras áreas de apoyo gubernamental para la creación de capacidades, pueden incluir programas de soporte técnico, financiamiento para auditorías energéticas, elaboración de formatos de contratos para ESEE, etc., para ayudar a las EMASU a identificar soluciones (por ejemplo, la experiencia de los EE.UU. Detallada en el anexo C).

**TABLA 4.1**

**Acciones críticas para introducir la eficiencia energética en las EMASU**

	GOBIERNO NACIONAL/LOCAL	EMASU	BMD
<b>Gobierno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar los principios de mercado para mejorar la sostenibilidad financiera del sector.</li> <li>• Incentivar la mejora de la eficiencia operativa a través del apalancamiento financiero.</li> <li>• Hacer de la EE un pilar de la estrategia de desarrollo nacional y local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compromiso de brindar el servicio con un alto estándar de calidad y minimizar los costos.</li> <li>• Incorporación de la contabilidad energética en toda la jerarquía gerencial del organismo.</li> <li>• Fijar objetivos para la mejora del desempeño operacional, incluida la EE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsar las reformas del sector y las estrategias de EE mediante la incorporación de las buenas experiencias internacionales.</li> <li>• Ayudar en el diseño e implementación de mecanismos de incentivos específicos para mejorar el rendimiento.</li> </ul>
<b>Capacitación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejercer liderazgo y apoyo a través de las agencias designadas.</li> <li>• Establecer / mejorar el sistema de medición del desempeño del sector, incluyendo EE.</li> <li>• Mobilizar a las ONG y al sector privado para brindar asistencia a las EMASU.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una evaluación básica del consumo de energía y la contabilidad de costos.</li> <li>• Aprender mediante proyectos piloto e intervenciones de bajo costo.</li> <li>• Sistematizar los esfuerzos a través de la planificación y la búsqueda de ayuda externa cuando sea necesaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuir con los esfuerzos nacionales para establecer sistemas de seguimiento de los resultados del sector, incluyendo la EE.</li> <li>• Ayudar a los organismos, a través de programas especiales de AT para formación y operaciones de inversión.</li> </ul>
<b>Acceso a financiamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyar las inversiones en reducción de fugas a través de financiamiento dedicado.</li> <li>• Promover financiamiento comercial a través de mecanismos de garantía.</li> <li>• Promover el financiamiento climático a través de programas sectoriales nacionales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovechar el financiamiento especial disponible para EE (subvenciones, préstamos subvencionados).</li> <li>• Preparar propuestas financiables para atraer financiamiento comercial.</li> <li>• Búsqueda de financiación por terceros a través CDAE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliar el financiamiento en EE a las EMASU, especialmente en los países en desarrollo de medianos y altos ingresos.</li> <li>• Aprovechar la experiencia del sector privado y el financiamiento a través de las APP.</li> <li>• Mobilizar financiamiento climático.</li> </ul>

Fuente | Los Autores.

• Políticas y recursos para apuntalar el financiamiento para la EE y la reducción de pérdidas. Esto puede incluir la creación de mecanismos especiales de financiamiento para inversiones en mejorar la EE y reducir las pérdidas en las EMASU, como fondos dedicados a la EE (por ejemplo, el mecanismo de cobro de conexión de Brasil<sup>38</sup>, el desarrollo de mercados para CDAE y la promoción de las APP. El gobierno también puede facilitar el financiamiento comercial para proyectos de rehabilitación a gran escala a través de garantías de préstamos. Para los países con muchos centros urbanos, donde el alcance de los programas de financiamiento climático sean muy reducidos, el gobierno nacional podría desempeñar un papel clave en la creación de este tipo de programas, para aprovechar los recursos de inversión climáticos, tales como el Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF) y el Fondo de Tecnología Limpia.

## ACCIONES PARA LAS EMPRESAS MUNICIPALES DE AGUA Y SANEAMIENTO URBANO

Es fundamental que la gerencia del organismo se comprometa con la calidad y la eficiencia operativa del servicio. Para la EMASU que no se haya embarcado en un programa sistemático de gestión se pueden tomar los primeros pasos para organizar y gradualmente ampliar su programa de gestión energética, a partir de:

- Establecimiento de un comité de energía para empezar a mejorar el consumo y la facturación energética, así como la recolección y análisis de datos y la elaboración de informes.
- Implementación de medidas de bajo costo y alto rendimiento, para demostrar los beneficios de la EE, fomentar la capacitación y el interés, mientras se establece un flujo de ingresos para financiar futuras iniciativas
- Aprender de las EMASU que hayan establecido prácticas de gestión energética y compartan sus datos de desempeño.

Con los resultados iniciales y el apoyo gerencial y del personal, el comité de energía podría comenzar a abordar cuestiones más amplias y redoblar esfuerzos, posiblemente con la ayuda de especialistas externos, a través de:

- Fortalecer la captura y análisis de datos, a través de sistemas automatizados para el monitoreo y adquisición de datos del uso de la energía, así como del análisis y la presentación de informes personalizados.
- Llevar a cabo una evaluación energética amplia y desarrollar procedimientos internos y listas de verificación.
- Movilizar el financiamiento interno o externo (con propuestas rentables) para la implementación a mayor escala, la optimización del sistema y la mejora del diseño de los sistemas.
- Buscar fuera del organismo los conocimientos técnicos de que se carezca internamente, mediante asociación con otros organismos que presenten un mejor desempeño, la contratación de ESEE y el acceso a las asociaciones nacionales.
- Desarrollar un plan de gestión energética e iniciar un esfuerzo institucional a través de los organismos (por ejemplo, mediante el establecimiento de objetivos específicos de energía, la implementación de sistemas de mantenimiento regulares y estructurados, la capacitación para el personal operativo, etc.)

Las actividades de las EMASU pueden ser asistidas por asociaciones nacionales, mecanismo que funciona bien en los países donde las asociaciones tienen el firme apoyo de sus socios.

## EL PAPEL DE LOS BANCOS MULTILATERALES DE DESARROLLO

Los BMD, como el BID y el GBM, han tenido una larga trayectoria y amplia experiencia en ayudar a los clientes a mejorar la gobernabilidad del sector y su sostenibilidad financiera, desarrollando la capacidad técnica, e incrementando el financiamiento del sector agua y saneamiento. Futuras operaciones de asistencia en EE y de financiamiento del sector de agua y saneamiento, se deberán basar en dichas experiencias.

**MEJORAR LA GOBERNABILIDAD Y REFORZAR LOS INCENTIVOS.** En muchos esfuerzos de reformas políticas, la EE es generalmente un co-beneficio, pero a menudo existen oportunidades para vincular el

desempeño energético de las EMASU a aspectos de la agenda de la reforma. Por ejemplo, el rendimiento energético de las EMASU podría ser parte de los indicadores clave de rendimiento, asociados con las transferencias intergubernamentales y/o un elemento explícito en la base de ajuste de las tarifas.

En los países donde las reformas de mercado están bien respaldadas, el trabajo directo con los gobiernos locales y los organismos a través de operaciones de crédito para inversión será importante para demostrar las buenas prácticas y la participación de los clientes.

**DESARROLLO DE CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA.** Los BMD son los contribuidores clave para el conocimiento global del sector agua y saneamiento, sin embargo es posible hacer más, reforzando su contribución a la gestión energética de las EMASU. Una de las áreas clave bajo este esfuerzo, se puede desarrollar y desagregar en un ejercicio de “benchmarking” de las operaciones de inversión de los BMD y difundir a través de la red internacional de organismos operadores de sistemas de agua y saneamiento o en la asociación internacional del (IWA).

**AMPLIAR E INCREMENTAR EL FINANCIAMIENTO.** El financiamiento total para EE municipal, en particular EE en las EMASU ha sido limitado. Existen dos grandes oportunidades para los bancos multilaterales de desarrollo para ampliar y aumentar el financiamiento para EE en las EMASU. Éstas son:

- **RENOVACIÓN DE LA EE EN PAÍSES DE INGRESOS MEDIOS** (tales como Brasil, China, México y Sudáfrica), donde existe una amplia infraestructura de agua y saneamiento y existe un marco general de política en EE y el financiamiento en EE no es una limitación importante. La estrecha colaboración entre los sectores de energía y urbanos de estos países podría conducir al desarrollo de proyectos de EE económicamente atractivos, como la agrupación de pequeños proyectos individuales de varias EMASU<sup>37</sup>. La plataforma de la IFC en China del rendimiento energético de las EMASU (CHUEE por sus siglas en inglés) brinda la posibilidad de replicarlo en otros países de ingresos bajos y medianos.

- **INNOVACIONES PARA EL NUEVO ACCESO Y LA EXPANSIÓN DE SERVICIOS DE INVERSIÓN**, incluyendo tanto las innovaciones técnicas en el diseño y construcción de infraestructura de agua y saneamiento más flexibles, para manejar más eficazmente la creciente demanda y capacidad, así como las innovaciones en la prestación de servicios para incorporar los requisitos basados en el rendimiento. Este último requeriría el desarrollo y la implementación de procedimientos pertinentes e indicadores de rendimiento para la EE.

Los BMD pueden aumentar las inversiones en EE en las EMASU, utilizando sus modelos tradicionales de operación:

- (i) El organismo dirige la implementación. El organismo establece tanto los equipos de proyectos, como las unidades de ejecución para la implementación de proyectos específicos de EE; (ii) dedicar fondos municipales de desarrollo en países donde el financiamiento municipal en EE está en su fase inicial y (iii) APP que incluyan contratos de gestión, contratos de arrendamiento y otros nuevos mecanismos, tales como ESEE. Para ser eficaz en la obtención de resultados de EE, la mejora de la EE debe ser un resultado explícito de tales operaciones.

Dignos de mención son algunos de los nuevos enfoques para promover la EE en las EMASU a través de la participación del BM. Por ejemplo, un proyecto en preparación de abastecimiento de agua en grandes zonas urbanas en AS, incorporará las buenas prácticas de gestión energética en los manuales de operación de los organismos participantes. Una alianza con la agencia nacional de agua de México ha llevado a cabo la elaboración y aplicación de un programa piloto para mejorar la eficiencia operativa en una empresa de agua (incluyendo mejoras medibles de EE) con financiamiento basado en resultados (cuadro 4.1). Una nueva operación de inversión en preparación está ayudando a una empresa nacional de agua en Sudamérica a desarrollar e implementar un programa integral de gestión de la energía. Se necesitan más de estos esfuerzos e innovaciones para aumentar las inversiones en eficiencia energética en las EMASU.

#### CUADRO 4.1

### Financiamiento basado en resultados para mejorar la EE en EMASU: México- proyecto piloto

En México, antes de 2005, el 55% de los hogares conectados tenían un suministro intermitente de agua, el 44% del agua producida se perdía por fugas y el 31% del agua facturada no se pagaba. En respuesta a estos desafíos, el BM proporcionó al Gobierno de México un préstamo por US\$25 millones en AT para modernizar su sector de agua y saneamiento. El proyecto, conocido como PATME, se aplicó del 2005 a 2010. En 2012 se aprobó un nuevo préstamo por US\$100 millones para mejorar la eficiencia del sector (conocido como PROME) para ampliar los logros alcanzados por el PATME. El PROME incluye una ventana de desembolsos basados en los resultados de las inversiones en eficiencia operativa.

Apoyado por PATME, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) de México, desarrolló una herramienta de “benchmarkin” y monitoreo y financió propuestas de mejora que condujeron a un aumento de la eficiencia operativa. Se estableció un conjunto de datos de entrada estandarizados e indicadores de rendimiento, que se aplicó a 80 organismos. Los indicadores de desempeño incluyeron cobertura de agua y saneamiento, continuidad del servicio, grado de medición, agua no contabilizada, eficiencia del trabajo, prácticas comerciales y EE.

Bajo el PROME, los indicadores y herramientas de evaluación desarrollados bajo PATME se perfeccionarán, se prepararán normas y manuales complementarios y se difundirán las buenas prácticas en EE entre las EMASU de México. Mientras que la mayoría de las inversiones en mejoras de eficiencia operativa siguen los procedimientos de desembolso tradicionales, PROME tiene una ventana de US\$5 millones de inversión para inversiones en función de resultados. El acceso a este financiamiento basado en los resultados estará limitado a los organismos que participaron en el proyecto PATME y mostraron resultados sólidos y actividades para la mejora de:

1. Eficiencia energética (ahorro de energía eléctrica por m<sup>3</sup> de agua producida por mes),
2. Eficiencia física (m<sup>3</sup> de agua ahorrada por mes) y
3. Eficiencia comercial (m<sup>3</sup> facturados adicionales sobre la base de volumen medido).

CONAGUA reembolsará el costo de capital de las inversiones requeridas por las EMASU para ofrecer los productos acordados y descritos en un manual.

Fuente | Documento de evaluación inicial del proyecto, Programa de Mejora de Eficiencia de Organismos Operadores (PROME)



## NOTAS

- 1 Van Den Berg et al., 2011.
- 2 En los EE.UU. Donde predominan los municipios propietarios y operadores de EMASU, el consumo de energía reportado a menudo es de un tercio de la factura energética de los gobiernos locales (USEPA, 2008).
- 3 Mukesh Mathur, 2000.
- 4 Barry, 2002.
- 5 WERF, 2010.
- 6 Según estimaciones aproximadas, a nivel mundial el 4% de la electricidad se utiliza para el abastecimiento municipal de agua y tratamiento de aguas residuales. El consumo mundial de electricidad en 2008 fue de aproximadamente 16.815.510 GWh (IEA Estadísticas de energía).
- 7 División de Población de las Naciones Unidas.
- 8 Estimación de los autores, a partir de las cifras de población proyectadas por las Naciones Unidas.
- 9 OMS/UNICEF, 2010.
- 10 Barry, 2002.
- 11 Este artículo no trata la energía integrada, tal como la energía necesaria para fabricar los productos químicos utilizados para el tratamiento del agua.
- 12 Para el tratamiento de aguas residuales, el promedio estatal de 0,391kWh/m<sup>3</sup>-de aguas residuales tratadas, es significativamente más alto que el promedio nacional de 0,317kWh/m<sup>3</sup>, debido a la mayor proporción de tratamiento avanzado de aguas residuales en Nueva York (NYSERDA, 2008).
- 13 El agua para uso municipal representa el 11% del agua dulce retenida (unos 3.862km<sup>3</sup> en 2003), frente al 19% para uso industrial autoextraído y el 70% para el uso agrícola. Otras fuentes de agua municipal, como la desalinización del agua de mar, son insignificantes. Existen variaciones significativas de estos valores a nivel país o región. El consumo de agua en los hogares rurales con frecuencia se incluye en el uso agrícola (Aquastat: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm)). El consumo de energía para el suministro de agua municipal y el tratamiento de aguas residuales contribuyen con una parte relativamente pequeña del consumo energético mundial, aproximadamente el 2% de la energía primaria (estimación de los autores a partir de datos de EE.UU. (EPRI, 2002)). En los Estados Unidos, uno de los más altos consumidores de agua per cápita a nivel mundial, menos del 4% del consumo de electricidad del país (alrededor del 1,5% del consumo de energía primaria) se destina al transporte y tratamiento de aguas municipales y aguas residuales. El uso global de energía para el consumo global de agua, incluyendo el uso industrial autoalimentado y el uso agrícola, es de aproximadamente 7% del consumo mundial de energía primaria (Barry, 2002).
- 14 EPRI, 2002.
- 15 EPRI, 2002.
- 16 World Water: Energy Efficiency Audits Reveal Potential Savings, 2010.
- 17 ASAEP, 2006.
- 18 Kingdom et al., 2006.
- 19 Van Den Berg et al., 2011.
- 20 Buenas prácticas de eficiencia energética en la ciudad: Gestión de la energía en el servicio de suministro de agua, Campinas, Brasil, <http://www.esmap.org/esmap/node/1171>
- 21 Ashok Sarkar et al., 2010.

22 NYSERDA, 2010.

23 El uso de tanques de agua en los sistemas de distribución tiene otros beneficios, tales como el mantenimiento del equilibrio hidráulico del sistema. Sin embargo, también hay que vaciar los tanques de agua periódicamente para evitar el crecimiento de bacterias. El bombeo fuera del horario punta, también tiende a aumentar las fugas, factor que debe tenerse en cuenta .

24 El factor de potencia es una medida de la eficiencia de conversión de la corriente eléctrica suministrada al motor en energía útil. Factores de potencia inferiores a 1 significan que la corriente demandada es mayor al mínimo necesario, incrementando con ello los costos de generación y transmisión. Un factor de potencia por debajo de 0,95 causa a menudo un cargo adicional por el servicio eléctrico. Los motores de inducción utilizados por las EMASU tienden a reducir el factor de potencia.

25 Generadores de energía de reserva, si bien son necesarios en situaciones de emergencia o en países donde la fuente de alimentación es muy poco fiable, no se consideran como una fuente alternativa de suministro en condiciones normales.

26 La sectorización hidráulica consiste en dividir una gran red de distribución de agua interconectada, con múltiples puntos de suministro, en sectores más pequeños con una (o dos en casos excepcionales) entradas de suministro. La división de una red de distribución en sectores pequeños de suministro da como resultado flujos y presiones más regulares, lo que difícilmente se podría lograr en redes de gran tamaño. Además, da lugar a la reducción del consumo de energía de bombeo y sus costos asociados.

27 Los modelos hidráulicos se utilizan para simular la dinámica de una red de distribución de agua y ayudan a identificar estrategias para optimizar las operaciones. Sectorizar la distribución de agua e instalar medición de caudal por sector permite la separación (mediante cierre de válvulas) y el control de la entrada de agua y es un elemento clave que permite la detección y la gestión activa de fugas.

28 Mordecai Feldman, 2009.

29 [http://www.iso.org/iso/iso\\_50001\\_energy.pdf](http://www.iso.org/iso/iso_50001_energy.pdf)

30 Ejemplo, USEPA, 2008.

31 Scott Olsen et al., 2003.

32 NYSERDA, 2010.

33 Por ejemplo, la Comisión Sanitaria Suburbana de Washington ha completado muchos proyectos de inversión en eficiencia energética desde el año 2000, a través de acuerdos de ahorros garantizados, incluyendo la instalación de VV, reemplazando la aireación de burbuja gruesa por aireación de burbuja fina, instalando controles de oxígeno disuelto en los tanques de aireación de aguas residuales; reemplazando sopladores viejos por nuevos sopladores mejor ubicados, instalando nuevos sistemas desarenadores, nuevas tuberías, válvulas, sistemas de transporte de biosólidos y generando en horario punta para reducir los picos de demanda. Las inversiones en estos proyectos fueron por más de US\$10 millones, con ahorros garantizados de alrededor de 8,6 millones de kWh/año (Taylor, 2009).

34 Jas Singh et al., 2010.

35 P. Martin, 2009.

36 Brazil's Public Benefit Wire-Charge Mechanism: Fueling Energy Conservation, [http://www.reeep.org/file\\_upload/2785\\_tmpphpC9wvEx.pdf](http://www.reeep.org/file_upload/2785_tmpphpC9wvEx.pdf)

37 Un estudio financiado por "Asia Sustainable and Alternative Energy" en cinco instalaciones de agua y saneamiento de dos ciudades de China, identificó más de US\$ 3 millones en inversiones en eficiencia energética, con un periodo total de amortización de 4,3 años. China cuenta con varias decenas de ciudades de dimensiones similares o mayores (más de un millón de habitantes).

## REFERENCIAS

- ASE (Alliance to Save Energy). 2002. *Watergy: Taking Advantage of Untapped Energy and Water Efficiency Opportunities in Municipal Water Systems*.
- . 2006. *Municipal Water Infrastructure Efficiency as the Least Cost Alternative*. Prepared for Inter-American Development Bank.
- Baietti, Aldo, William Kingdom, and Meike van Ginneken. 2006. *Characteristics of Well-Performing Public Water Utilities*. (Water Supply & Sanitation Working Notes). The World Bank.
- Barry, Judith. 2007. *Watergy: Energy and Water Efficiency in Municipal Water Supply and Wastewater Treatment – Cost-Effective Savings of Water and Energy*. Alliance to Save Energy. <http://www.watergy.org/resources/publications/watergy.pdf>
- Consultant report to Asia Sustainable and Alternative Energy Program. 2006. Washington, DC: The World Bank.
- "Energy Efficiency Audits Reveal Potential Savings." *World Water* 33.2 (March/April 2010): 13-15. WEF Publishing UK Ltd.
- EPRI (Electric Power Research Institute). 2002. *Water and Sustainability: U.S. Electricity Consumption for Water Supply and Treatment – the Next Half Century*. Palo Alto, CA: Electric Power Research Institute.
- Feldman, Mordecai. 2009. "Aspects of Energy Efficiency in Water Supply Systems." [http://www.miya-water.com/user\\_files/Data\\_and\\_Research/miyas\\_experts\\_articles/08\\_Other%20aspects%20of%20NRW/01\\_Aspects%20of%20Energy%20Efficiency%20In%20Water%20Supply%20Systems.pdf](http://www.miya-water.com/user_files/Data_and_Research/miyas_experts_articles/08_Other%20aspects%20of%20NRW/01_Aspects%20of%20Energy%20Efficiency%20In%20Water%20Supply%20Systems.pdf)
- Gleick, P.H., D. Haasz, C. Henges-Jeck, V. Srinivasan, G. Wolff, K. Cushing, and A. Mann. 2003. *Waste Not, Want Not: The Potential for Urban Water Conservation in California*. A Report of the Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security. Oakland, CA.
- Kingdom, Bill, Roland Liemberger, and Marin Philippe. 2006. *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries – How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Contracting*. (Water Supply and Sanitation Sector Board Discussion Paper Series #8). Washington, DC: The World Bank Group.
- Marin, Philippe. 2009. *Public-Private Partnerships for Urban Water Utilities: A Review of Experiences in Developing Countries*. Washington, DC: Public-Private Infrastructure Advisory Facility, The World Bank.
- Mukesh, Mathur. 2000. *Municipal Finance and Municipal Services in India: Present Status and Future Prospects*.
- NYSERDA (New York State Energy Research and Development Authority). 2010. *Water & Wastewater Energy Management: Best Practices Handbook*. New York: New York State Energy Research & Development Authority.
- . 2008. *Statewide Assessment of Energy Use by the Municipal Water and Wastewater Sector*. Final Report 08- 17. New York: New York State Energy Research and Development Authority.
- Olsen, Scott and Alan Larson. 2003. "Understanding Process Energy Use in a Large Municipal Water Utility." <http://www.cee1.org/ind/mot-sys/ww/mge2.pdf>.
- Sarkar, Ashok and Jas Singh. 2010. "Financing Energy Efficiency in Developing Countries – Lessons Learned and Remaining Challenges." *Energy Policy*. Elsevier 38.10 (2010): 5560-5571.
- Singh, Jas, Dilip Limaye, Brian Henderson, and Xiaoyu Shi. 2010. *Public Procurement of Energy Efficiency Services: Lessons from International Experience*. Washington, DC: The World Bank.
- Suzuki, Hiroaki, Dastur, Arish, Moffatt, Sebastian, Yabuki, Nanae, and Maruyama, Hinako. 2010. *Eco2 Cities, Ecological Cities as Economic Cities*. Washington, DC: The World Bank.
- Taylor, Rob. 2009. *Lowering Carbon Footprint at WSSC Plants Saves \$*. WEF Residuals and Biosolids Conference May 3, 2009. PowerPoint Presentation. Washington Suburban Sanitary Commission.
- UN Population Division (United Nations Population Division). 2007. *World Urbanization Prospects: The 2007 Revision Population Database*. <http://esa.un.org/unup/>

UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization). 2009. Water In A Changing World, Third UN Water Development Report, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. <http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/tableofcontents.shtml>

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2008. Ensuring a Sustainable Future: An Energy Management Guidebook for Wastewater and Water Utilities. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency.

Van Den Berg, Caroline and Alexander Danilenko. 2011. The IBNET Water and Sanitation Performance Blue Book, 2011. Washington, DC: The World Bank.

WERF (Water Environment Research Foundation). 2010. Energy Efficiency in the Water Industry: A Compendium of Best Practices and Case Studies. Global Water Research Coalition.

WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation. 2011. Progress on Sanitation and Drinking Water – 2010 Update. [http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241563956\\_eng\\_full\\_text.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241563956_eng_full_text.pdf)

## RECURSOS ADICIONALES

### AUDITORÍA/ EVALUACIÓN ENERGÉTICA

**Manual de Auditorías Energéticas para Empresas de Agua en Filipinas**, Alianza para el Ahorro de Energía

El libro presenta una guía paso a paso sobre cómo llevar a cabo una auditoría energética en las empresas de agua, basada en la experiencia adquirida a través del programa Watergy de la ASE en las Filipinas. El libro también incluye varios estudios de caso de auditorías energéticas en empresas de agua. Descargable en [http://watergy.org/resources/publications/auditguidebook\\_philippines.pdf](http://watergy.org/resources/publications/auditguidebook_philippines.pdf)

**Manual de Auditoría Energética para Agua/Aguas Residuales**, Consorcio para la Eficiencia Energética (CEE)

El manual describe la forma de realizar auditorías energéticas “walk-throughs” y detalladas en EMASU y ofrece consejos para desarrollar un programa exitoso de conservación de la energía. Descargable en <http://www.cee1.org/ind/mot-sys/ww/epri-audit.pdf>

**Evaluación Energética para Sistemas de Bombeo**, Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME por sus siglas en inglés)

El libro proporciona una guía sobre la forma de organizar y llevar a cabo evaluaciones energéticas en las estaciones de bombeo de agua, analizar los datos recogidos, determinar las medidas de ahorro de energía, documentar y reportar hallazgos. Descargable en <http://www.cee1.org/ind/industrial-program-planning/ASMEStandard.pdf>

**Evaluación de Medidas de Conservación de Energía en Instalaciones de Aguas Residuales**, Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (USEPA por sus siglas en inglés).

El informe proporciona un enfoque integral para la gestión de la energía en los servicios públicos de aguas residuales, incluyendo el desarrollo de un programa de gestión de la energía y presenta medidas de conservación de energía para sistemas de bombeo, sistemas de aireación y una selección de procesos de tratamiento de aguas residuales innovadores, incluyendo el procesamiento de sólidos. También contiene estudios de caso de nueve plantas de tratamiento de aguas residuales en los EE.UU. Descargable en: <http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/Evaluation-of-Energy-Conservation-Measures-for-Wastewater-Treatment-Facilities.pdf>

### GESTIÓN DE LA ENERGÍA

**Garantía de un Futuro Sostenible: Manual para la Gestión de la Energía en Empresas de Agua y Saneamiento**, USEPA

La guía proporciona a los administradores de EMASU un método paso a paso basado en un sistema de gestión “Planear-Hacer-Verificar-Actuar” para identificar, implementar, medir y mejorar la EE y las oportunidades de uso de energía renovable en sus instalaciones. Descargable en [http://www.epa.gov/owm/waterinfrastructure/pdfs/guidebook\\_si\\_energymangement.pdf](http://www.epa.gov/owm/waterinfrastructure/pdfs/guidebook_si_energymangement.pdf)

**Gestión de la Energía en Instalaciones de Agua y Saneamiento: Manual de Mejores Prácticas, 2010**, NYSERDA

El manual es una guía para los profesionales del agua y aguas residuales de cómo desarrollar un programa de gestión de la energía, implementar mejoras de capital y operativas, controlar el rendimiento y evaluar la efectividad del programa. Descargable en [http://www.nyserdera.org/programs/Environment/best\\_practice\\_handbook.pdf](http://www.nyserdera.org/programs/Environment/best_practice_handbook.pdf)



## ANEXO A

### EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS OPERACIONES DEL GBM EN EL SECTOR DEL AGUA POTABLE Y RESIDUAL

Mejorar la EE en los servicios de agua es un medio fundamental para el control de los costos operativos. El Grupo Banco Mundial (BM, AID y BIRD) ha ayudado a financiar mejoras en la infraestructura en muchos países con esto en mente. Una gran parte de las inversiones en agua y saneamiento urbano han sido para la construcción de nuevas infraestructuras, sobre todo en las economías de rápido crecimiento. La EE en este tipo de proyectos a menudo no se identifica como un objetivo, a pesar de la importancia de abordarla en el diseño y las especificaciones del equipo. Esto puede deberse a las dificultades en la evaluación del rendimiento de nuevas instalaciones.

#### CARTERA DE INVERSIONES DEL BANCO MUNDIAL EN AGUA URBANA Y SANEAMIENTO

La cartera revisada es parte de la cartera del Banco Mundial de proyectos aprobados desde el año fiscal (AF) 2000 al AF 2010 y contiene 178 proyectos con compromisos de inversión por un total de alrededor de US\$16,1 miles de millones, lo que representa el 63% de los compromisos de inversión totales en proyectos urbanos del Banco Mundial. El estudio abarcó proyectos relacionados con el abastecimiento urbano de agua y saneamiento, extraídos del World Bank Business Warehouse, utilizando códigos tanto del sector agua y saneamiento como de desarrollo urbano.

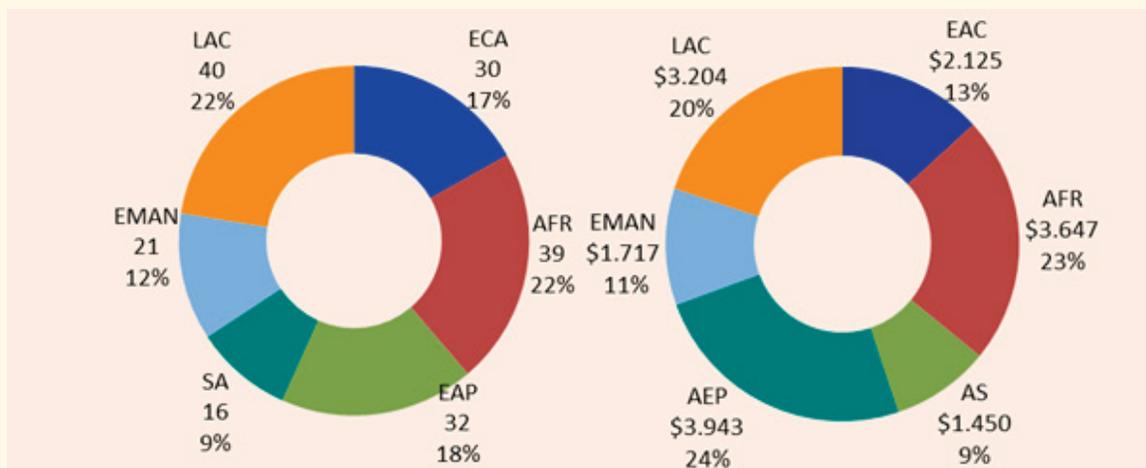
**CARACTERÍSTICAS DE LA CARTERA.** Entre los 178 proyectos examinados, el 54% son proyectos de infraestructura municipal/urbana que cubren múltiples servicios -carreteras, alumbrado público, residuos sólidos, saneamiento, vivienda, suministro de electricidad, agua y alcantarillado y el 46% se dedica a proyectos del sector de agua y saneamiento. La distribución regional de los proyectos se presenta en la Figura A.1.

De la mayoría de los proyectos revisados, el 44% se dedicó al financiamiento tanto de rehabilitación como de ampliación de la infraestructura de agua y saneamiento existente. El número de proyectos dedicados a la rehabilitación representó el 32% de la cartera y el 24% restante correspondió únicamente a nuevas instalaciones. La distribución de los tres tipos de proyectos varía significativamente según la región (Figura A.2). Las regiones de EAC y AS se centran en la rehabilitación de infraestructuras existentes, mientras que la región de AEP se centra en nuevas infraestructuras, resaltando las grandes inversiones en nuevos sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales en China. La división entre la nueva construcción y la rehabilitación en otras regiones no es tan distinta.

En general, las consideraciones de eficiencia energética en el diseño e implementación de proyectos ha estado limitada en la cartera revisada. En sólo el 11% de los proyectos (19 proyectos de un total de 178) se consideran explícitamente mejoras a la EE, mediante la inclusión de indicadores de EE (IEE) como indicadores clave de desempeño en el marco de los resultados del proyecto. Si bien esto no indica el contenido real de EE en la cartera, pone de relieve el hecho de que las consideraciones explícitas de EE en el diseño de proyectos han sido poco frecuentes. La figura A.3 muestra cómo los proyectos con IEE difieren de región a región.

**FIGURA A.1**

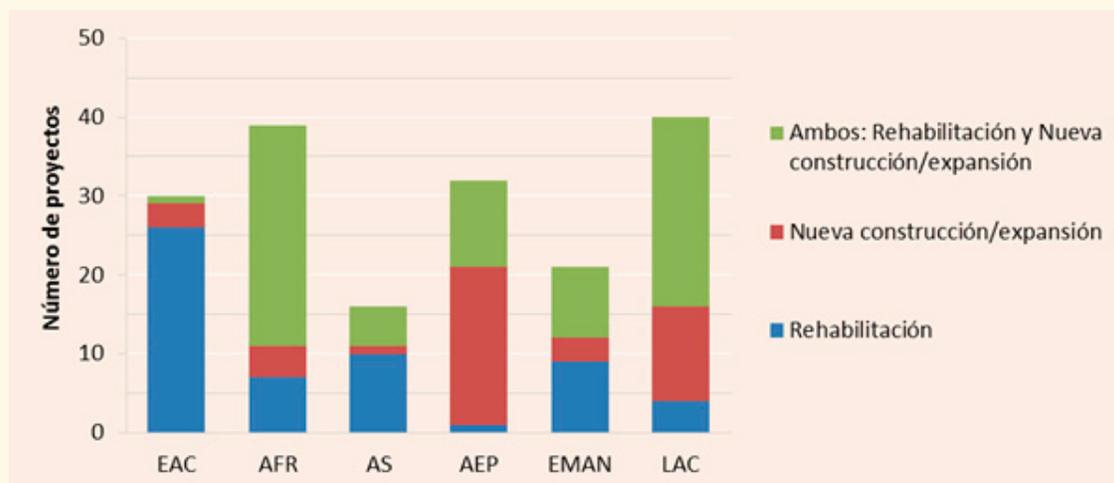
Desglose regional de los proyectos por número y compromiso de inversión del BM



Fuente | Los autores

**FIGURA A.2**

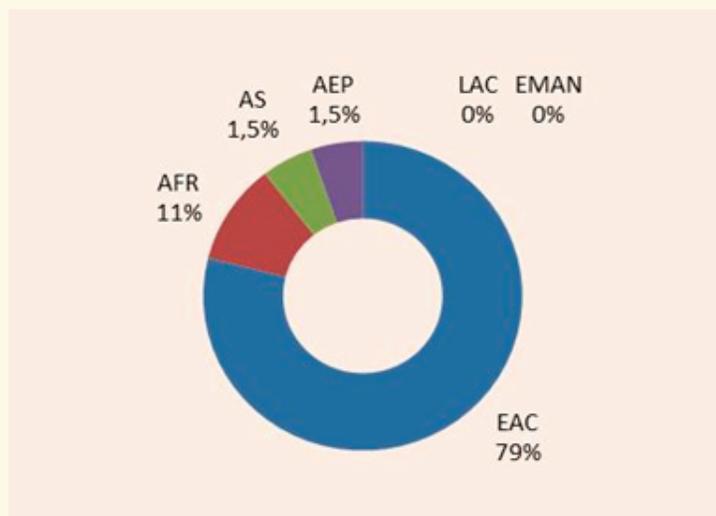
Distribución regional de proyectos por: rehabilitación y/o nueva construcción/ampliación



Fuente | Los autores

**FIGURA A.3**

Desglose regional de proyectos con indicadores explícitos de EE



Fuente | Los autores

**CONSIDERACIONES CLAVE PARA LA EE.** Dos tercios de los proyectos con IEE destinados a mejorar la viabilidad financiera de los organismos presentan déficit operativo y la falta de financiamiento impide el mantenimiento adecuado de la infraestructura. Cuando existen datos sobre el consumo de energía, se evidencia que los altos costos de ésta, han hecho incluir mejoras a la EE en los proyectos. Por ejemplo, en Moldavia, antes de 2003, cuando se evaluó el proyecto piloto de abastecimiento de agua y saneamiento, los costos de la energía eléctrica de las empresas de agua y saneamiento representaban más del 50% de los costos de OyM. Esto se debía en parte a un triple aumento de las tarifas eléctricas después de la privatización de las empresas eléctricas. En Armenia, en el 2000, la factura de electricidad de “Yerevan Water and Sewerage Enterprise” fue el mayor concepto de costo de OyM, incluso mayor que los ingresos recaudados.

En los casos en los que los costos de la energía no estaban bien documentados, los puntos de referencia disponibles sobre consumos de energía influyeron en los proyectos para considerar medidas de EE. Por ejemplo, en la EMASU de Lviv, Ucrania, la preocupación por las cifras de consumo de energía que eran del doble de las similares en Europa Occidental y América del Norte, estimularon medidas de EE en un proyecto de agua y saneamiento aprobado en junio de 2001. Años más tarde, las evaluaciones revelaron que la intensidad energética del sector agua en Ucrania es mucho mayor que en las economías desarrolladas de Europa y que la sustitución de las bombas de alto consumo de energía podría producir más de 1.000GWh de ahorro anual. Esto llevó a la creación de un fondo de EE dedicado a inversiones en EE en las EMASU de Ucrania (Cuadro A.1).

**INTERVENCIONES DE EE.** Las medidas de EE incluidas en la cartera revisada pueden agruparse en: (i) medidas de inversión, que incluyen cambios de equipo o sistemas que conducen al ahorro de energía y (ii) medidas blandas que allanan el camino para promover o mantener las mejoras en EE. Las principales medidas de inversión incluyen:

- **Rehabilitación de estaciones de bombeo y sustitución de viejas bombas de agua y de aguas residuales**, incluye la sustitución de bombas antiguas de gran tamaño o desgastadas; la instalación de variadores de velocidad en bombas y la sustitución de tuberías de succión con fugas y tuberías sobrecargadas conectadas a dichas bombas.
- **Rehabilitación de cabezales y redes de distribución**, consiste en sustituir partes de las redes en que hay fugas frecuentes. Debido a que la medida reduce el volumen de agua bombeada, se reduce el consumo de energía.
- **Detección y reparación de fugas**, consiste en la implementación de un programa de detección y reparación de fugas, lo que implica la compra de instrumentos de detección y reparación de fugas, así como la capacitación del personal del organismo. Esta medida también contribuye a reducir el bombeo y al ahorro de energía.
- **Gestión de la presión**, consiste en la instalación de válvulas reductoras de presión, construcción de cámaras de rompimiento de presión; rehabilitación de reservorios y sectorización de la red de distribución. La gestión de la presión se aplica con frecuencia para incrementar el suministro de agua, lo que puede conducir a un aumento de las pérdidas físicas de agua si no se acompaña la medida con el reemplazo de tuberías con fugas.
- **Aumento del suministro por gravedad**, consiste en sustituir la producción y suministro de agua mediante bombeo por sistemas de gravedad. La medida da lugar a menudo a la eliminación de bombas. Las medidas blandas incluyen medidas de gestión desde la demanda, para la planificación del servicio. Por ejemplo, un proyecto en Uzbekistán financió campañas para sensibilizar a la población sobre la necesidad de conservar el agua y el pago de los servicios de agua y alcantarillado. La instalación de medidores en las conexiones de los consumidores es una de las actividades más frecuentes de la gestión de la demanda de agua. En Armenia, una innovadora forma de ampliar la instalación de medidores implica la creación de un fondo rotativo para ofrecer créditos para la compra e instalación de medidores. El "Proyecto de Infraestructura Urbana de Ucrania" apoya la preparación de los planes de negocio de los organismos, con metas de EE, así como con el análisis técnico-económico de las inversiones en EE.

**MODELOS DE FINANCIAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS.** El BM utiliza tres modelos para el financiamiento y ejecución de proyectos de EE en EMASU: (i) financiamiento directo con la implementación a cargo del organismo, (ii) fondos municipales dedicados, dentro de un contrato marco y (iii) asociaciones público-privadas con el financiamiento para las inversiones físicas. Sólo hay un caso de financiamiento de carbono, que está en fase de implementación.

Que el organismo se encargue de la implementación implica el establecimiento de un equipo de trabajo o una unidad ejecutora (UE) del proyecto dentro del organismo. Si hay varios organismos en un proyecto, la UE a veces se establece en un ministerio a nivel central para facilitar la aplicación y la coordinación (como en el caso del proyecto piloto de Moldavia). Los equipos de desarrollo de proyectos o unidades ejecutoras integradas dentro del organismo y atendidas por personal de la empresa que va a volver a sus puestos de trabajo después del cierre del proyecto, se consideran una buena práctica.

Fondos municipales dedicados son otra opción en países donde las inversiones en EE están en sus primeras etapas y el sector bancario no está listo para proporcionar financiamiento, ya sea debido a la falta de conocimiento o la renuencia a trabajar con empresas de servicios públicos, problemas de liquidez, reformas, reestructuraciones, o preferencias generales de préstamos.

Los fondos municipales constituyen una alternativa importante en países donde el acceso a financiamiento para infraestructura es limitado. Tres proyectos en EAC han utilizado este mecanismo. El cuadro A.1 describe el caso del Proyecto de Infraestructura Urbana de Ucrania, que aún se encuentra en fase de ejecución.

Las APP, con la participación de operadores privados que asumen el control de los servicios de agua y alcantarillado a través de contratos formales, se han utilizado en un gran número de casos. Por ejemplo, en Armenia, ahorros energéticos significativos se han obtenido a través de contratos de arrendamiento a los que le siguieron exitosos contratos de gestión por desempeño en Yerevan Water and Sewerage Company, la empresa de agua estatal que da servicios en Yerevan (véase el cuadro 3.4).

**LECCIONES APRENDIDAS.** La experiencia de los proyectos indica que la EE en las EMASU puede ser sustancialmente avanzada, si se toman en cuenta y se resaltan las consideraciones de EE en el diseño del proyecto. Esto se asocia a menudo con los proyectos de rehabilitación. Es difícil perseguir la EE como un objetivo explícito del proyecto en otro tipo de proyectos. Para animar a los clientes y a los equipos de trabajo del BM a tener en cuenta la EE y la relación costo-beneficio de estos proyectos, será necesario financiar las investigaciones pertinentes durante la preparación del proyecto.

Algunas lecciones específicas asociadas a diferentes modelos de implementación y financiamiento incluyen:

- La evaluación de la línea base es siempre importante para los proyectos/componentes de inversión en EE. Si bien se requieren auditorías energéticas con grado de inversiones para los proyectos MDL y CDAE -un esquema que no se ha aplicado todavía en ningún proyecto financiado por el BM en EMASU- no está claro si se han utilizado para justificar y definir inversiones en EE con otros enfoques (por ejemplo, el financiamiento e implementación directa con fondos municipales dedicados).
- Pareciera que los fondos municipales multiusos tienen incentivos más débiles para el financiamiento de inversiones en EE. El hecho de que los fondos se utilicen para una amplia gama de servicios probablemente haga que su experiencia sea más amplia, pero también menos profunda. También puede haber mayores incentivos para que los organismos implementen y financien proyectos con resultados visibles (tales como nuevas conexiones) en lugar de financiar medidas de EE.
- Organismos con la participación del sector privado han sido motivados y bien informados sobre el uso óptimo de los fondos para reducir el consumo de energía. Sus incentivos crecen con el riesgo que presenta su contrato. Un contrato de administración general tiene incentivos débiles a menos que la remuneración del contratista administrador esté ligada al menos en parte a la reducción del consumo de energía con respecto a la línea base. Arrendamientos y concesiones deben producir los mayores incentivos y posibilidades de inversión en EE.

## INICIATIVAS DE LA CORPORACIÓN FINANCIERA INTERNACIONAL (IFC por sus siglas en inglés)

**ESTRATEGIA DE IFC PARA NEGOCIOS EN EL SECTOR AGUA.** El plan de negocios 2010 de IFC en el sector agua aborda los efectos acumulativos del crecimiento poblacional y la demanda global de alimentos, agua y energía en los próximos 20 años. La estrategia de gestión integrada de la IFC promueve intervenciones por el lado de la oferta y la demanda en el sector, mirando a las inversiones en infraestructura y eficiencia. A través de proyectos de eficiencia, la IFC busca catalizar un enfoque

## CUADRO A.1

### Proyecto de Infraestructura Urbana en Ucrania

En Ucrania, los servicios de agua y alcantarillado han estado operando en un entorno financiero difícil. Las cuotas, principal fuente de ingresos, únicamente cubren el 88% de los costos operativos. La falta de excedentes de explotación y de financiamiento privado a largo plazo, han hecho que sea difícil para los organismos proporcionar un servicio fiable y de calidad.

El proyecto en curso de infraestructura urbana en Ucrania, financiado por el BM, incluye un componente piloto en EE por US\$76,47 millones, para abordar rehabilitaciones urgentes con el potencial de reducir los costos energéticos. La componente provee fondos para cualquier EMASU municipal ucraniana, que cumpla con los siguientes criterios: (i) completar un plan de negocios de una manera satisfactoria de acuerdo con el Ministerio de Vivienda y Servicios Comunes, (ii) proporcionar un análisis económico y técnico que confirme los ahorros potenciales de energía por un mínimo del 15% anual de las inversiones propuestas y (iii) sea autorizado el préstamo del BM por el Ministerio de Hacienda.

Fuente | Los Autores

## CUADRO A.2

### Ejemplos de las Inovaciones de IFC en el Sector Agua

#### TRIPLE A BARRANQUILLA (COLOMBIA)

La IFC está llevando a cabo estudios de viabilidad de ANC y ahorro de energía para un cliente privado distribuidor de agua y se encuentran en discusión las opciones de financiamiento.

#### METITO (MENA Y CHINA)

IFC invirtió en esta compañía privada dedicada al agua y a la construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, con la finalidad de incorporar EE en sus plantas, mediante el uso de sistemas de aireación de velocidad variable, que ajustan la dosis en función del oxígeno disuelto. Esta tecnología permite un 25% de ahorro en costes de energía de aireación, que generalmente constituyen el mayor de los costos energéticos en plantas de tratamiento de aguas residuales.

#### WATER CAPITAL (MÉXICO)

IFC invirtió en esta empresa de arrendamiento de equipos de agua, que proporciona sistemas de uso eficiente del agua y la energía, incluido el tratamiento de aguas residuales y plantas de reciclaje en alrededor de 250 instalaciones en México.

Fuente | Los Autores

de cadena de valor de extremo a extremo, impulsando cambios para apoyar la transformación del mercado, mientras se desarrolla un flujo de oportunidades posteriores. Además, la IFC busca priorizar y ampliar los sectores y productos, aprovechando las estructuras de conocimiento globales, particularmente en las siguientes áreas estratégicas:

- **Eficiencia** - sector agrícola (riego, cartografía), sector industrial (huella de agua, soluciones para grandes usuarios) y sector municipal (reducción de ANC, ESEE).
- **Subsectores clave** - saneamiento/reutilización, desalación, residuos sólidos, calefacción/refrigeración, agua en bloque, reutilización agrícola/industrial, tecnología de la información para la gestión del agua.
- **Base de la Pirámide (BDP)** - servicios distribuidos.
- **Agenda de Cambio Climático** - tecnologías limpias, tecnologías de adaptación y modelos innovadores de negocio (en colaboración con IFC Climate Solutions Business Group)

IFC ofrece un paquete integral de financiamiento a largo plazo, inversiones de capital, finanzas sub-nacionales, riesgo compartido e intervenciones de asesoramiento.

**PROYECTOS QUE ABORDAN LOS NEXOS AGUA/ENERGÍA.** Las actividades de la IFC para promover la eficiencia, caen principalmente en dos categorías: (i) proyectos piloto y los nuevos modelos de negocio que fomenten la eficiencia conjunta de la energía y el agua en los sectores agrícola, industrial y de servicios municipales y (ii) herramientas financieras innovadoras que fomentan las instituciones financieras para enfocar y replicar prácticas de eficiencia energética en el sector agua. La IFC participa en investigaciones sobre tecnologías nuevas y emergentes de uso eficiente del agua.

### Nuevos Modelos Piloto de Negocios para la Eficiencia del Agua

- **Sistemas Distribuidos de Servicio** (modelos hidráulicos urbanos).
- **Reducción de ANC** - IFC está considerando varias oportunidades para invertir en empresas y proyectos centrados en la reducción del ANC. La gestión de pérdidas de agua incluye varias oportunidades para la EE: (i) disminución de plantas de tratamiento y consumo de energía, (ii) reducción del consumo de energía en la transmisión y distribución del agua bombeada y (iii) gestión de la presión, que como un mecanismo de reducción del ANC, también tiene el beneficio adicional de reducir la demanda de energía.
- **ESEE del Agua (ESEEA)** - IFC está considerando invertir en varias empresas especializadas que prestan servicios de eficiencia en el sector del agua. Estas empresas identifican oportunidades de ahorro de energía mediante la reducción del ANC, la optimización de la eficiencia de bombeo, la optimización de la aireación en las plantas de tratamiento de aguas residuales y otras opciones. Normalmente operan con un modelo de contratación basado en el rendimiento, en el que una parte de la contribución de los gastos de capital para las mejoras es financiado por la ESEEA y una parte de los ingresos está relacionada con el logro de los objetivos de reducción del consumo de energía y/o los costos.
- **Desalinización de bajo consumo de energía** - IFC está evaluando inversiones en varias tecnologías de desalinización de bajo consumo a través de su fondo de inversión de capital de riesgo para tecnología limpia. Estas tecnologías incluyen la desalinización solar y nano-membranas de ósmosis inversa, con ahorros de energía que van del 20 al 80%.

## Herramientas financieras piloto para la eficiencia del agua

- **AmlInvest Fondo para el Agua de Capital Privado (Asia Oriental)** - IFC ha invertido en un fondo de capital privado que financiará proyectos de agua y aguas residuales en todo el este de Asia. Muchos de estos proyectos incluyen el reciclaje de efluentes de aguas residuales para uso industrial, con lo que se consigue ahorrar agua y energía, usando fuentes distintas de agua que de otra manera requerirían bombeo a larga distancia o desalación.
- **Eficiencia Energética y de Agua en las Empresas Publicas de China (CHUEE)** - IFC estableció una línea de crédito-financiamiento con cobertura de riesgo para proyectos de eficiencia energética en China, que se ampliará para cubrir los proyectos de uso eficiente del agua con un enfoque especial para el sector del agua industrial en China.

## Resultados a la fecha/Lecciones aprendidas

A la fecha, el enfoque de IFC en la eficiencia, los modelos innovadores de prestación del servicio y la creación de nuevos subsectores de agua, se ha traducido en 18 negocios con un volumen de operación de US\$503 millones. Los clientes actuales incluyen Veolia Voda, Dalkia, AAWF, Epure, Jain y JK Paper, entre otros.

Las principales lecciones aprendidas de la experiencia de la IFC incluyen:

- Proporcionar soluciones innovadoras y de vanguardia es importante en el diálogo sobre políticas y AT.
- Es necesario fortalecer la colaboración entre los sectores público y privado.
- Es necesaria una colaboración más efectiva y enfocada entre IFC y BM, otros BMD, donantes y sector privado.
- El riesgo de las inversiones puede ser diversificado equitativamente.
- El sector del agua necesita modelos de contratos tipo ESEE bien balanceados.



## ANEXO B

### MEDIDAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA Y SU RENTABILIDAD EN EMASU

La siguiente tabla incluye la evidencia empírica recogida de diversas fuentes, de los costos y/o ahorros potenciales de las medidas técnicas específicas aplicables.

**TABLA B.1**

#### Optimización de la Energía en EMASU: Evidencia Empírica

ÁREA DE OPORTUNIDAD	EJEMPLO DE MEDIDA EMPÍRICA	AHORROS LOGRADOS	PERIODO SIMPLE DE RETORNO (años) RECUPERACION SIMPLE (AÑOS)
Reducción de la demanda y del consumo de energía			
Bombeo	Instalación de VV para las bombas de extracción de agua cruda y de distribución de agua potable en una planta de tratamiento de aguas brasileña, Brasil (ESMAP)	33% - electricidad 19%- kW demanda 44% - facturación	4
	Instalación de VV para 11 bombas de pozo, Bélgica (GWRC, p. 24)	15% - electricidad	2,5
	Sustitución de bomba sumergible de pozo por una bomba de flecha, Reino Unido (GWRC, p. 29)	Reducción de la intensidad energética	5
	Reprogramación del software para controlar la operación de un conjunto de bombas, con la finalidad de controlar los niveles, Reino Unido (GWRC, p. 19)	Reducción de la intensidad energética	0,5
	Cambio del algoritmo de control de presión de un conjunto de 6 bombas, Australia (GWRC, p. 34)	5% - electricidad	<0,1
	Instalación de nuevas bombas, Reino Unido (GWRC, p. 16)	Reducción de la intensidad energética	7,8 (en £6,6p/kWh)
	Variación de velocidad de operación de la bomba, por medio de la instalación de un VV, Reino Unido (GWRC, p 21.)	12% - electricidad	N/A
	Control mediante VV de los compresores de aire de los tanques de oxidación, utilizando la señal de oxígeno disuelto (OD), EE.UU. (USEPA caso N ° 4)	13% - electricidad 39%- kW demanda 22% - facturación	1.5
	Instalación de VV y controladores lógicos programables, para mejorar la EE de motores, modernizando los impulsores de la bomba de un pozo para optimizar su operación, EE.UU. (CCA)	Reducción de la intensidad energética	N/A
	Instalación de controladores lógicos programables y VV en la estación de bombeo del sistema de aguas residuales para regular los niveles y el uso de motores de alta eficiencia en los nuevos proyectos, EE.UU. (CCA)	Reducción de la intensidad energética	N/A

ÁREA DE OPORTUNIDAD	EJEMPLO DE MEDIDA EMPÍRICA	AHORROS LOGRADOS	PERÍODO SIMPLE DE RETORNO (años)
<b>Reducción de la demanda y del consumo de energía</b>			
<b>Bombeo</b>	Instalación de una conexión hidráulica en estaciones de bombeo de agua, Países Bajos (GWRC, p13)	19% - electricidad	N/A
	Optimización del sistema de bombeo de la planta utilizando los algoritmos de control del proceso adecuados, EE.UU. (USEPA Case No. 8)	23% -electricidad (mezcla de aire) 64% - electricidad (optimización FAD)	0,25



Tratamiento	Nuevos sopladores de alta velocidad, con cojinetes magnéticos para la primera etapa del proceso de aireación de una planta, EE.UU. (USEPA caso N ° 1)	50% - electricidad 38% - facturación	13,3
	Optimización y automatización del sistema de lodos activados en el tratamiento de aguas residuales - nuevos medidores y software, EE.UU.	20% - electricidad	5 (sólo energía) 2,5 (inc. Mano de Obra y productos químicos)
	Reducción de la tasa de retorno de lodos activados de un flujo fijo a un menor flujo fijo, Reino Unido (GWRC, p. 36)	Reducción de la intensidad energética	N/A
	Monitoreo de calidad de agua cruda para determinar si se requiere la planta FAD para la calidad del agua a la salida, Reino Unido (GWRC, p. 52)	21,4%- electricidad	N/A
	Determinación del tiempo de retención de lodo aeróbico (TRL) y el tiempo de retención hidráulica (TRH) según las bases de las condiciones del clima, Singapur (GWRC, p. 46)	46% - electricidad	N/A
	Sopladores centrífugos de una etapa con álabes de guía y paletas de salida variable y válvulas de control de aire, EE.UU. (USEPA Caso N ° 2)	30% - electricidad	14
	Sustitución de aireación mecánica con difusores sanitarios de burbuja fina y sopladores con cojinete de aire, por un control automático mediante oxígeno disuelto y la instalación de un sistema automatizado de potencial de oxidación-reducción (POR) basado en el control de la nitrificación (dNOx Sistema de Control anóxico), EE.UU. (USEPA caso N ° 3)	10% - electricidad	135 (estrictamente por ahorro de energía) 33 (usando el consumo de energía y su costo por libra de CBOD eliminada) perspective)  33 (using electricity consumption and cost per pound of CBOD removed)
	Optimización y control de TRL y OD utilizando el proceso adecuado, mediante el modelado de algoritmos de control, EE.UU. (USEPA Case No. 5)	20% - electricidad	
	Modernización del sistema de aireación, mediante el aumento del número de difusores, la instalación de sensores de oxígeno y el control automático del sistema de aireación, EE.UU. (USEPA Caso N ° 9)	36% - electricidad	2,4
	Cambio de la programación del PLC para implementar un nuevo régimen de aireación, incluyendo la modificación de los ciclos de aireación, Australia (GWRC, p. 42)	Reducción de la intensidad energética	inmediata
Aplicación de digestor anaerobio de mezcla - mezcladores de movimiento lineal, EE.UU. (GWRC, p 48.)	90% - energía de mezclado	2,5	
Contrato de gestión basado en el desempeño en EMASU, con una serie de mejoras en las redes de distribución de agua, medición, eficiencia de bombeo, reducción de fugas de agua y suministro de agua por gravedad, Armenia (ESMAP)	7,5% - electricidad	3,5	

ÁREA DE OPORTUNIDAD	EJEMPLO DE MEDIDAS EMPÍRICAS	AHORROS LOGRADOS	PERIODO SIMPLE DE RETORNO (AÑOS) RECUPERACIÓN SIMPLE (AÑOS)
<b>Reducción de la demanda y del consumo de energía</b>			
Tratamiento	Contratos de gestión por desempeño, con una serie de mejoras en las redes de distribución, medición, eficiencia del bombeo, reducción de fugas y abastecimiento por gravedad, Armenia (ESMAP)	7,5% - electricidad	3,5
	Instalación de motores de alta eficiencia, instalación de VV en bombas de alimentación de floculación y químicos, instalación de lámparas fluorescentes y sistemas de control de iluminación, capacitación y promoción de la conservación del agua, EE.UU. (CEC)	Reducción de la intensidad energética	N/A
	Reducción de pérdidas en tuberías de agua cruda, Alemania (GWRC, p. 28)	Reducción de la intensidad energética	N/A
Reducción de fugas de agua	Control activo de fugas mediante la gestión de la presión para reducir las altas pérdidas físicas, Sudáfrica (ESMAP)	30% - agua	<0,3 (sólo energía)
	Control activo de fugas a través de gestión de la presión, combinada con la renovación del cabezal de distribución y la actualización de la medición de flujo, Australia (GWRC, p. 6)	45% - agua	Variable
	Optimización de la red de distribución mediante un modelo hidráulico para regular la presión y los flujos de agua, sectorización de redes, detección y reparación de fugas, remplazo de bombas y motores, México (ESMAP)	27% - electricidad Reducción de fugas	1,9 (incluye aumento de ingresos)
	Modernización y reposición de tuberías y accesorios como grifos y válvulas, Sudáfrica (GWRC, p. 8)	31% - electricidad Aumento de ingresos	2,32 (calculado sobre precios del agua, no de la energía)
	Desarrollo de una estrategia de mantenimiento preventivo (reparación de una válvula de mariposa y ejecución de una auditoría en curso a las estaciones de bombeo de aguas residuales), Australia (GWRC, p. 10)	Reducción de la intensidad energética	N/A
	Aplicación de nuevo revestimiento a la voluta y al impulsor de la bomba, para reducir las pérdidas por fricción, Australia (GWRC, p. 39)	20% - costo de energía	3,2
	Optimización del oxígeno disuelto, controlando la presión flotante del ventilador y manteniendo la válvula más abierta, EE.UU. (USEPA caso N ° 6)	11,6%- electricidad 13% - costo	1,5
	Implementación de cambios operacionales y de personal y uso de energía eólica, EE.UU. (GWRC, p. 69)	10-15% - costo	N/A

## GESTIÓN DE LA DEMANDA PUNTA Y OTRAS CARGAS

Programación y priorización del bombeo	Una práctica común en Brasil, donde existen grandes diferencias en los precios de la electricidad entre las horas pico y las no pico. Puede requerir nuevas instalaciones de almacenamiento	Únicamente contribuye a la reducción del costo de la energía	N/A
Corrección del factor de potencia		Únicamente contribuye a la reducción de la facturación	Depende de la situación
<b>Gestión de la volatilidad del coste energético y mejora de la fiabilidad del suministro de electricidad</b>			
Recuperación de energía y generación	Digestión anaerobia mesófila de una etapa, con doble motor de combustión SCCE, Singapur (GWRC, p. 77)	Aproximadamente 15% en la energía comprada	8,8
	Cogeneración de metano para usarlo en microturbinas en una pequeña planta de aguas residuales, EE.UU. (Eaton and Jutrus, 2005)	Aproximadamente 35% en la energía comprada	5,6 3,6 (con incentivos)
	Modernización del sistema de procesamiento de sólidos, incluyendo: recuperación de calor residual, recirculación de los gases de combustión y el sistema de inyección de aire, EE.UU. (USEPA caso N° 7)	76% - en gas natural (proyectado)	11,3
	Uso de lodos y otros residuos orgánicos como combustible en el proceso, para mejorar el balance energético global, Francia (GWRC, p. 68)	80-88% - energía (de secado térmico de lodos)	N/A
	Instalación de un sistema de generación solar fotovoltaico de 502kW en 2005 y 99kW en 2008, EE.UU. (GWRC, p. 73)	Reducción de la energía comprada	5 (con incentivos)
	Incremento de la capacidad de cogeneración con un nuevo motor de 320kW para reforzar la cogeneración existente que consiste de dos motores de 104kW y 165kW respectivamente, Reino Unido (GWRC, p. 76)	Reducción de la energía comprada	2,5
	Utilizar la cogeneración para producir energía eléctrica y térmica en sitio; usar difusores de burbujas finas para aireación; promulgar estrategias de control de la demanda, utilizar variadores de velocidad para mantener una alta eficiencia en la operación de la bomba, EE.UU. (CCA)	Reducción de la energía comprada	N/A
	Cogeneración de electricidad y energía térmica en sitio, instalación de bombas de alta eficiencia, utilización de motores de eficiencia, interrupción de lodos activados de la segunda etapa de mezclado, adición de bolas de plástico para evitar el calor y las pérdidas por evaporación en la producción de oxígeno y reemplazo de dos pequeños compresores de la planta de oxígeno puro con 1 unidad más grande, EE.UU. (CCA)	Reducción de la energía comprada	N/A

### Fuentes |

1. GWRC (Global Water Research Coalition), 2010, Energy Efficiency in the Water Industry: A Compendium of Best Practices and Case Studies, Global Report, UK Water Industry Research Limited
2. ESMAP, Good Practices in City Energy Efficiency, <http://www.esmap.org/esmap/node/1171>.
3. USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2010, Evaluation of Energy Conservation Measures for Wastewater Treatment Facilities.
4. Eaton, G. and Jutrus, J.L. 2005, Turning Methane into Money: Cost-Effective Methane Co-Generation Using Microturbines at a Small, Rural Wastewater Plant, American Council for an Energy-Efficient Economy, <http://www.aceee.org/proceedings-paper/ss05/panel02/paper02>.
5. CEC (The California Energy Commission), Water/Waste Water Treatment, <http://www.energy.ca.gov/process/water/index.html>.



## ANEXO C

### DESARROLLO DE CONOCIMIENTOS Y HABILIDADES DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN EMASU, EXPERIENCIA EN EE.UU.

Los Estados Unidos son un buen ejemplo de cómo las agencias nacionales y regionales de gobierno, las compañías eléctricas (obligados por reglamento) y las ONG profesionales pueden ayudar a eliminar lagunas de conocimientos y habilidades. Dicho comportamiento es una referencia útil para muchos países al considerar el enfoque para hacer extensiva la EE en el sector de agua y saneamiento.

#### AGENCIAS FEDERALES

**La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (USEPA)** es la principal agencia que provee el apoyo del gobierno federal en EE a las EMASU, con una amplia gama de servicios de conocimiento, incluyendo:

- Orientación y capacitación en el desarrollo de un programa interno de gestión de la energía, por ejemplo, “Water and Wastewater Energy Best Practice Guidebook”. Su programa “Energy Star” cuenta con una herramienta de referencia en línea llamada “Portfolio Manager”, que permite la comparación del consumo de energía con plantas similares, así como monitorear el uso de la energía, los costos de ésta y las emisiones de carbono asociadas. USEPA lleva a cabo una serie de talleres de gestión de la energía.
- Orientación sobre la identificación e implementación de proyectos de EE, incluidas las publicaciones sobre la forma de contratar a un auditor de energía o a una compañía de servicios energéticos y cómo elaborar solicitudes de propuestas para proyectos de EE. USEPA también mantiene una lista de los motores con mayor eficiencia que la de los valores mínimos de los nuevos estándares federales, así como información sobre los programas existentes que ofrecen fondos para las auditorías energéticas o evaluaciones de energía sin costo.
- Compartir las mejores prácticas en gestión de la energía y las medidas de EE específicas para EMASU. El sitio web de USEPA contiene una serie de publicaciones relevantes y estudios de caso.

#### AGENCIAS ESTATALES

**Autoridad el Estado de Nueva York para la Investigación y el Desarrollo Energético (NYSERDA)** es una corporación de beneficio público. Uno de los programas de NYSERDA se centra en la EE en EMASU. El programa ofrece herramientas y manuales para ayudar a las EMASU a identificar, evaluar e implementar proyectos de EE. Entre las herramientas que aparecen en su página web se encuentran las siguientes: (i) una herramienta de análisis de recuperación de la inversión que calcula el ahorro de energía y costos, basada en los costos de inversión y en las características del organismo y (ii) herramientas de benchmarking energético, que proporcionan una guía para el establecimiento de la línea base para mejorar el rendimiento energético. Además de las herramientas, NYSERDA ha evaluado el uso de la energía en el sector de agua y saneamiento en Nueva York y ha publicado un

La **Comisión de Energía de California (CEC)** es la agencia de planificación y política de energía primaria de California. Sus responsabilidades incluyen la promoción de la EE en edificios, industrias, agricultura y agua y saneamiento. CEC ha financiado una serie de proyectos de investigación de desarrollo y demostrativos, para mejorar la EE de los procesos industriales, actividades agrícolas y de agua y saneamiento. En su sitio web, la CEC presenta una serie de equipos, tecnologías y estrategias de operación eficientes, tales como variadores de velocidad, motores de alta eficiencia, estrategias de gestión de la demanda, optimización de la cogeneración, etc. El sitio web también incluye ejemplos de estudios de caso para demostrar el éxito en el uso de estas tecnologías.

#### ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES

La **“American Water Works Association (AWWA)”** ofrece una variedad de recursos profesionales y técnicos que incluyen normas, manuales de prácticas, informes de resultados de los organismos y herramientas. Entre las herramientas, la WaterWiser -un centro integral de recursos de gestión de la conservación del agua, la eficiencia y la demanda eléctrica- incorpora consideraciones de EE. La AWWA también ofrece otros recursos como revistas y boletines electrónicos, cursos en línea y programas de calidad en los servicios públicos. La EE es uno de los temas cubiertos por dichos recursos.

El **“American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE)”** es una organización sin fines de lucro dedicada a la eficiencia energética. ACEEE ha actuado como asesor técnico de numerosos gobiernos y autoridades locales en el análisis de potenciales de EE y oportunidades de políticas. ACEEE desarrolló un conjunto de herramientas para ayudar a los gobiernos locales en la promoción de la EE en las EMASU. Dichas herramientas ofrecen las medidas que los gobiernos locales deben tener en cuenta, tales como:

- Requerimientos de los organismos para determinar su línea base de consumo de energía y desarrollar un plan de implementación de la EE, cuyos gobiernos locales pueden ayudar a financiar.
- Desarrollo de programas voluntarios multisectoriales del medio ambiente y la energía, los que incluyen EE en las EMASU.
- Modificación de las regulaciones existentes para los sistemas públicos de agua y saneamiento, para incluir consideraciones energéticas en la adquisición de equipos y mejoras.

## ANEXO D

### ESTUDIOS/AUDITORÍAS PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE LAS EMASU

#### DOS EJEMPLOS DE TÉRMINOS DE REFERENCIA

##### Términos de referencia utilizados en un estudio reciente financiado por el BM.

###### Objetivos

El Consultor recopilará datos de desempeño energético, así como información del desempeño de la compañía de suministro de agua (CSA).

Esta recopilación y análisis de información debe reflejar el uso de los recursos energéticos de la CSA.

El Consultor revisará la recopilación de datos anterior, la verificará y la actualizará en consecuencia, teniendo en cuenta los planes de desarrollo de infraestructura de la CSA y preparará el informe final, que reflejará todos los aspectos del estudio y resumirá los próximos pasos para el desarrollo de la CSA en conservación de energía y mejora de la eficiencia.

###### Alcances del trabajo y entregables

1. Establecer líneas base del consumo de energía y la eficiencia energética en la CSA:
  - 1.1. Desarrollo de un inventario completo de usos finales de energía, clasificado en las siguientes categorías: extracción de agua cruda y bombeo de agua tratada, distribución de agua y funciones administrativas. Deberá incluir por separado otros usos, tales como bombeo de alcantarillado.
  - 1.2. Para los anteriores usos finales de la energía, deberá separarse el consumo entre las tres categorías de tarifas eléctricas, agregadas por categorías y por estación del año. Identificar los elementos de alto consumo del sistema, que tengan operaciones significativas en los horarios de alto costo y evaluar su contribución al coste global de la energía en la empresa.
  - 1.3. Sobre la base de las condiciones de operación de las bombas (cargas, flujos y las cantidades acumuladas bombeadas), evaluar la eficiencia de las bombas y compararlas con las eficiencias nominales proporcionadas por los fabricantes de nuevos equipos operando a eficiencias de diseño. Identificar elementos de alto consumo potencialmente susceptibles de mejorar operativamente y evaluar su contribución al consumo global de energía y el costo para la empresa.
  - 1.4. Preparar un balance energético de la CSA para los últimos tres años, de acuerdo a las categorías anteriores, separando la electricidad auto generada de la comprada.
  - 1.5. Preparar un completo desglose de los costos de OyM de la CSA para los tres años anteriores. Separar el costo de la electricidad comprada de la electricidad auto generada.
  - 1.6. Identificar ubicaciones y cantidad de medidores de electricidad y puntos de facturación
  - 1.7. Realizar una campaña de mediciones en las instalaciones de las 4 fuentes de producción (una es de aguas subterráneas) identificadas en la evaluación inicial durante 7 días consecutivos.
2. Identificar medidas rentables para reducir el costo de la energía y mejorar la eficiencia energética en la CSA.

2.1. Según el análisis de datos del inventario y el consumo especialmente los datos de las mediciones realizadas en la actividad 1.5, elaborar una lista de medidas rentables de mejora energética en todos los usos finales identificados, de acuerdo con el enfoque de evaluación descrito en el taller. Agregar tales medidas por red. Identificar por separado las que están destinadas a un mejor conocimiento y a la gestión del sistema.

2.2. Realizar la evaluación económica de las medidas identificadas, utilizando los precios actuales de la energía. Para este trabajo se solicita únicamente el cálculo del periodo simple de recuperación de la inversión. Ordenar las medidas de acuerdo al periodo de recuperación y los requerimientos de inversión.

2.3. Llevar a cabo un análisis de sensibilidad económica para diferentes evoluciones del costo de la energía, del costo personal y del agua producida y entregada (identificando al menos tres escenarios con figuras diferentes para las distintas redes gestionadas por la empresa). Añadir un escenario adicional que incluya el crecimiento progresivo de la colección y tratamiento de las aguas residuales.

2.4. Evaluar el impacto en la calidad del servicio (presión, continuidad, etc.) de las medidas de mitigación identificadas.

3. Documentar el programa de reducción de ANC del CSA en los siguientes aspectos:

3.1. ¿Cómo ha sido organizado? Listar los indicadores más representativos utilizados en la evaluación de ANC por red y categoría y presentar los valores para los últimos tres años.

3.2. ¿Qué medidas se tomaron en las dos fases del programa?

3.3. ¿Qué se ha logrado (datos cuantitativos) y a cuánto asciende la inversión total y el costo adicional de OyM de las actividades específicamente realizadas para este propósito (incluyendo todos los costos asociados)?

3.4. ¿Cuáles son las principales lecciones aprendidas?

4. Recomendaciones para la CSA para mejorar la gestión de la energía y la eficiencia energética

4.1. Desglosar las opciones a corto plazo (las medidas que se pueden tomar de inmediato con el mínimo coste), mediano plazo (medidas que requieren inversiones de capital, pero con corto periodo de recuperación, por ejemplo, menos de 2 años) y largo plazo (medidas que requieren más tiempo para la recuperación de la inversión y que puedan requerir de un análisis más detallado). Proponer un escenario de inversión y calcular su valor actual, considerando el ahorro de costes relacionados con la energía.

4.2. Próximos pasos para la CSA, en cuanto a la forma en que puedan organizarse y movilizar financiamiento para la gestión de la energía y la eficiencia energética.

5. El informe final debe reflejar todos los elementos y resumir los próximos pasos de desarrollo de la CSA en conservación de energía.

## UCRANIA. AUDITORÍAS ENERGÉTICAS A EMASU

### TÉRMINOS DE REFERENCIA

#### Antecedentes

1. El Banco Mundial ha proporcionado financiamiento para un Proyecto de Infraestructura Urbana (PIU) que se declaró efectivo a finales de 2007. El monto total del préstamo es de US\$140 millones, de los cuales aproximadamente US\$80 millones serán utilizados en el marco del “componente abierto” para financiar las inversiones para aumentar la EE en los servicios de agua y aguas residuales (vodokanals). Se espera que la componente abierta, que también se conoce como la componente de EE, pueda financiar una amplia gama de actividades, tales como el reemplazo de equipos electromecánicos obsoletos, la medición para reducir las pérdidas, la optimización de las instalaciones y los procesos de producción y distribución del agua potable; la optimización de los procesos de recolección y tratamiento de las aguas residuales, la planta y los procesos para aumentar la producción de biogás, así como las plantas y los procesos para capturar el contenido de energía en el agua y las aguas residuales. Se espera que las actividades de la componente de EE traigan una reducción del consumo de energía en los vodokanals, que en la actualidad utilizan al menos el doble de la energía por metro cúbico de agua distribuida y aguas residuales recolectadas y tratadas, en comparación con otras referencias europeas.

2. La Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional aprobó una donación de 45 millones de coronas suecas (US\$5,6 millones), que será administrado por el Banco Mundial en el marco de un fondo fiduciario para apoyar actividades en el marco de la PIU. De esa cantidad, unos 18 millones de coronas suecas (US\$2,2 millones) de esta cantidad, se utilizarán para el diseño detallado, la supervisión y las auditorías energéticas. Se espera que los resultados de las auditorías energéticas se utilicen en la aplicación de la componente de EE por US\$80 millones. De esta manera, las auditorías energéticas servirán como estudios de pre-factibilidad, ya que indicarán qué inversiones se realizarán en cada vodokanal. El criterio de selección de los sub-proyectos de EE es probable que sea el período de amortización de las inversiones realizadas. La regla general sería la de aprobar y aplicar subproyectos de EE, de tal manera que los que tengan periodos de amortización más cortos, se apliquen antes que los que tengan periodos de amortización más largos. Se espera que la aplicación de este primer lote de auditorías energéticas en XX vodokanals, sea seguido por auditorías similares en otras vodokanals ucranianas. El número actual de vodokanals en Ucrania es de aproximadamente 1900 - proveyendo servicios de agua y/o de aguas residuales a las zonas urbanas. El sector de suministro de agua y aguas residuales de Ucrania, fue analizado en un estudio publicado en junio de 2002 que fue elaborado por la consultora danesa COWI bajo la Cooperación Danesa para el Medio Ambiente en Europa del Este.

#### Objetivos de las auditorías energéticas

3. El objetivo de las auditorías energéticas es el de estimar el consumo actual de todos los tipos de energía en los vodokanals seleccionados, para indicar el potencial aproximado de mejora del balance de energía y para sugerir una lista tentativa de inversiones en la rehabilitación y la optimización de las plantas y procesos existentes en los vodokanals auditados. El coste y el ahorro de energía esperados de cada proyecto de inversión, deberán ser estimados de manera tal que el período de recuperación de la inversión pueda ser calculado.

## Alcance del Trabajo

El alcance del trabajo deberá considerar los siguientes seis aspectos de actividades para incrementar la EE en los vodokanals

4. Geográfico: Las auditorías energéticas deberán realizarse en las XX vodokanals que se enumeran en el anexo 1 con sus datos básicos relacionados con las operaciones de suministro de agua y de aguas residuales.
5. Sistémico: Las auditorías energéticas deberán estimar la energía (de todos los tipos) utilizada, según consumos medidos o cálculos explícitos, en las siguientes actividades de cada vodokanal
  - Producción de Agua
  - Tratamiento de agua para el consumo doméstico o industrial
  - Recolección de Aguas Residuales
  - Tratamiento de Aguas Residuales
  - Actividades auxiliares, tales como la calefacción, el consumo de los vehículos, etc.
6. Temporal: el consumo pasado y futuro de energía, debe evaluarse teniendo en cuenta las actividades pasadas o futuras de los vodokanals para aumentar su EE, incluidas las medidas obvias tales como reducir el desperdicio de agua mediante el aumento de la medición del consumo, mejorar la operación del sistema de abastecimiento de agua, capturar el calor del agua cruda o de las aguas residuales recogidas a través de intercambiadores de calor, generar biogás a partir de lodos tratados y optimizar los procesos (como la reducción del uso de productos químicos como la cal) con un alto contenido energético.
7. Financiero: El costo aproximado de cada sub-proyecto deberá ser calculado.
8. Económico: El costo aproximado de cada medida e inversión propuesta deberá ser estimado, así como los beneficios correspondientes en términos de la reducción de costos energéticos (con una estimación de los incrementos futuros de los precios de la energía en Ucrania), reducción de los costos de mantenimiento (en el caso de la sustitución de equipos electromecánicos obsoletos); reducción de costos de operación (en el caso de que los procesos sean optimizados); y el valor del aumento en la producción de energía (como en el caso de la energía térmica captada del agua cruda y las aguas residuales a través de intercambiadores de calor o a través de la producción de biogás a partir de lodos tratados). El periodo de recuperación de la inversión deberá calcularse para el total de las inversiones de cada vodokanal, donde los costos de inversión deberán ser divididos por los ahorros anuales previstos.
9. Institucional: Se deberá indicar si cada vodokanal se encuentra o no al corriente en sus pagos de energía (por ejemplo, a la compañía eléctrica regional) y si no, cuál es la totalidad del monto a pagar a la compañía eléctrica. Las medidas también deben sugerir cómo monitorear en el futuro el consumo de energía para poder establecer puntos de comparación de EE. Por último, deben sugerirse las medidas para motivar al personal (por ejemplo, la creación de programas de incentivos para la conservación de la energía).

### **Reportes Requeridos**

10. Tres informes serán requeridos durante la duración de la consultoría:

- Un primer informe, con la conclusión de las visitas de campo a la mitad de los vodokanals participantes, de acuerdo al alcance y los objetivos de los términos de referencia,
- Un segundo informe, al término de la totalidad de las visitas de campo a las vodokanals y
- Un tercer y final informe, después de recibir los comentarios, observaciones y solicitudes de la Unidad Central de Gestión de Proyecto (UCGP) del Ministerio de Vivienda y Servicios Comunales que administra el proyecto de infraestructura urbana. La UCGP entregará sus observaciones, si las hubiere, en los 30 días siguientes a la recepción del segundo informe. Se espera que los consultores respondan a dichos comentarios en un plazo de 15 días desde la recepción de los mismos.

### **Periodo de Aplicación**

Se espera que toda la tarea con las auditorías energéticas se concluya en seis meses, contados a partir de la movilización de los consultores hasta la presentación del segundo borrador de informe.



PROGRAMA DE ASISTENCIA PARA LA GESTIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO

BANCO MUNDIAL

1818 H STREET, NW

WASHINGTON, DC 20433 EE.UU.

EMAIL: [ESMAP@WORLDBANK.ORG](mailto:ESMAP@WORLDBANK.ORG)

WEB: [WWW.ESMAP.ORG](http://WWW.ESMAP.ORG)

CRÉDITOS DE LAS FOTOGRAFÍAS

PORTADA | D. PINZÓN / BANCO MUNDIAL

CONTRAPORTADA & PORTADA FINAL | A. HOEL / BANCO MUNDIAL

PÁGINA 9 | A. HOEL / BANCO MUNDIAL

PÁGINA 17 | CHRIS JENNINGS / IDB

PÁGINA 41 Y 55 | STOCK.XCHNG

IMÁGENES RESTANTES | A. DENILENKO / BANCO MUNDIAL.

CRÉDITOS DE PRODUCCIÓN

EDITOR DE PRODUCCIÓN | HEATHER AUSTIN

DISEÑO | MARTI BETZ DESIGN

EDICIÓN | SARIGUA DESIGN STUDIO, S.A.

REPRODUCCIÓN | AUTOMATED GRAPHIC SYSTEMS

