



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
HIDROCARBUROS Y ENERGÍAS



**Estudio del potencial de
EFICIENCIA ENERGÉTICA**
en las Entidades Prestadoras de Agua
Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA)



Estudio del potencial de EFICIENCIA ENERGÉTICA

en las Entidades Prestadoras de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA)

ESTUDIO DEL POTENCIAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO (EPSA)

Autor:

Ministerio de Hidrocarburos y Energías (MHE)
Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas (VMEEA)
Niras – IP Consult para el Programa de Energías Renovables (PEERR II)

Edición, diseño y diagramación:

Comunicación Programa de Energías Renovables (PEERR)

Esta publicación es apoyada por la Cooperación Alemana al Desarrollo, a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH y su Programa de Energías Renovables (PEERR II).

Se autoriza la reproducción total o parcial del presente documento, sin fines comerciales, citando adecuadamente la fuente.

La Paz, Bolivia, octubre 2022



ABREVIACIONES

AAPS	Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico
AEn	Auditoría Energética
Bs	Bolivianos
CAF	Banco de desarrollo de América Latina
CAPYS	Comités de Agua Potable y Saneamiento
COOPAPPI	Cooperativa de Servicios Públicos Pampa de la Isla
CPE	Constitución Política del Estado
CPTS	Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles
EE	Eficiencia Energética
EPSA	Entidad Prestadora de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
EPSAS	Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento
GAM	Gobiernos Autónomos Municipales
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit
IBNORCA	Instituto Boliviano de Normalización y Calidad
IBMETRO	Instituto Boliviano de Metrología
KJ	kilojulio
kW	kilovatio
kWh	kilovatio hora
MWh	Megavatio hora
MDPyEP	Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural
MEN	Ministerio de Energías
MIAGUA	Programa Más Inversión para Agua
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
MPD	Ministerio de Planificación del Desarrollo
PA	Plan de Acción
PASAP	Plan de Acción para el Sector de Agua Potable
PEERR	Programa de Energías Renovables
PERIAGUA	Programa para servicios sostenibles de agua potable y saneamiento en áreas periurbanas
PTB	Instituto Nacional de Metrología de Alemania
RRHH	Recursos Humanos
SAGUAPAC	Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario
SAJUBA	Cooperativa San Juan Bautista
SEMAPA	Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado sanitario
SENASBA	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico
VF	Variadores de Frecuencia
VMEEA	Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas

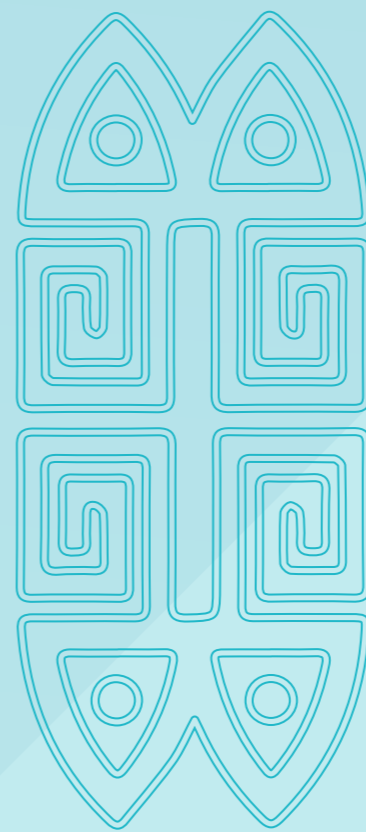


ÍNDICE

1. EL CONTEXTO GENERAL DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO	3
1.1 Organización de la prestación de los servicios de agua y alcantarillado	3
1.2 Análisis de variables críticas en el consumo de energía	5
1.2.1 EPSA de la Categoría A	6
1.2.2 Eficiencia del uso del agua en la categoría A	8
1.2.3 EPSA categoría B	8
1.2.4 EPSA categoría C	10
1.2.5 EPSA categoría D	10
1.3 Análisis del consumo de energía y los indicadores de desempeño	11
1.3.1 Consumo de Energía	11
1.3.2 Indicadores de desempeño	13
1.3.3 Los indicadores energéticos y su importancia en el desempeño de las EPSA	14
2. LA EXPERIENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EPSA EN BOLIVIA	19
2.1 Introducción	19
2.2 Principales hallazgos en las auditorías energéticas en sistemas de bombeo	20
2.2.1 Análisis de la potencia demandada y la presión del sistema de bombeo	20
2.2.2 Cambios en los regímenes de operación	24
2.2.3 Influencia de accesorios en el desempeño energético	25
2.2.4 Mantenimiento de equipos y partes de los sistemas de bombeo	26
2.2.5 Reducción de pérdidas en distribución	27
2.2.6 Caracterización de la demanda	27
2.2.7 Reducción de consumo energético en oficinas administrativas	28
2.3 Resumen de las experiencias	28
2.4 Barreras identificadas	30
3. PLAN DE ACCIÓN PARA LA INTRODUCCIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EPSA	33
3.1 Introducción	33
3.2 Objetivos	34
3.3 Ámbitos de trabajo del Plan de Acción	35
3.3.1 El núcleo del Plan de Acción	35
3.3.2 El entorno del Plan de Acción	36
3.4 Ejes temáticos para el cumplimiento del objetivo 1	36
3.5 Ejes temáticos para el cumplimiento del objetivo 2	38
3.6 Ejes temáticos para el cumplimiento del objetivo 3	40
3.7 Medidas comunes de EE aplicables en EPSA	42
3.7.1 Instalación de variadores de frecuencia y sensores	42
3.7.2 Evaluación de la eficiencia del sistema de bombeo	42
3.7.3 Caracterización del consumo residencial	43
3.7.4 Monitoreo remoto y tratamiento de la información	43
3.7.5 Balances de agua	44
3.8 Principales actores y sus roles	45




Presentación



El estudio está referido específicamente a las Entidades Prestadoras de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (EPSA)¹, encargadas del suministro de agua potable y alcantarillado, según dispone el ordenamiento jurídico del sector, en esa medida, no se trata de un análisis pormenorizado del sector de agua y saneamiento propiamente, más bien, está enfocado, por tanto restringido, al análisis del consumo de energía eléctrica en dichas entidades y establecer cuáles los posibles efectos sobre los costos de operación y los costos totales de las EPSA y, en consecuencia, el efecto sobre la tarifa media de estos servicios.

.....
1 Se conoce como EPSA a cualquier Entidad Prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, según define la Ley 2066. Sin embargo, en el caso específico de los municipios de La Paz, El Alto y otros 6 municipios, la entidad que presta estos servicios se denomina: Empresa Pública Social de Agua y Saneamiento (EPSAS S.A.). Por esta razón, en este documento se usará EPSA LP, cuando se haga referencia específica a esta última.



El contexto general de los servicios de agua y saneamiento básico

1.1 Organización de la prestación de los servicios de agua y alcantarillado

Según la AAPS, en todo el territorio nacional están establecidas 2,389 EPSA reguladas, es decir, este es el número de entidades registradas y a las cuales se les ha otorgado licencia para prestar el servicio correspondiente. Sin embargo, no toda EPSA registrada es parte del sistema de seguimiento regulatorio. Pertenecen al sistema regulado las EPSA cuya población dentro del área de servicio esté por encima de 2,000 habitantes. Actualmente, las que cumplen esta condición son 75 empresas de las cuales la AAPS recibe información como parte de las obligaciones que deben cumplir, según mandato de las normas de regulación del sector. Por otra parte, las EPSA con más de 10,000 habitantes en el área de servicio autorizado, están obligadas a contar con una planificación de sus servicios. Estos planes deben dar cuenta de sus programas de crecimiento y expansión, así como sus sistemas tarifarios, entre otros aspectos.

Para realizar su trabajo de regulación, la AAPS ha realizado una categorización de las 75 EPSA que pertenecen al sistema regulatorio en cuatro categorías. Sin duda, estas categorías son dinámicas y se modifican a través del tiempo. Las categorías son:



Categoría A: las que dan servicio a poblaciones con más de 500,000 habitantes. Actualmente son tres las EPSA que pertenecen a esta categoría, corresponden a las ciudades de La Paz, incluido El Alto, Santa Cruz y Cochabamba.

Categoría B: las que atienden a poblaciones entre 50,000 y 500,000 habitantes. En esta categoría existen 18 EPSA y corresponden a ciudades intermedias, entre ellas Tarija, Sucre, Oruro, etc. En esta categoría también están EPSA cuya área de concesión está en el mismo municipio, este es el caso de COOPAPPI y SAJUBA, en el caso de la ciudad de Santa Cruz.

Categoría C: corresponde a las que prestan servicios a poblaciones entre 10,000 y 50,000 habitantes. En esta categoría existen 36 EPSA y prestan servicios a ciudades pequeñas como Villazón, Guayaramerín, Bermejo, entre otras.

Categoría D: prestan servicios a poblaciones con 2,000 a 10,000 habitantes. Existen 18 EPSA en esta categoría y corresponde a poblaciones menores, entre ellas a Camargo, Vinto, Tiraque, entre otras.

Además, está el conjunto de EPSA que prestan el servicio a pueblos con menos de 2,000 habitantes o EPSA de constitución indígena originaria campesina. Son las que cuentan con registro de la AAPS y sumen en total 2,310.

El presente estudio se focaliza en las 75 EPSA del sistema regulatorio de la AAPS. Como se puede observar en la Tabla 1.1, éstas prestan el correspondiente servicio a una población de 7.25 millones de habitantes, que corresponde al 64.14% de la población total de Bolivia, estimada para 2018.

Tabla 1.1 Población abastecida y servida por categoría

Categoría	Población áreas Reguladas	Población Abastecida	%	Población Servida	%
A	3,884,210	3,511,714	90.4	2,879,125	74.1
B	2,409,129	2,236,363	92.8	1,173,100	48.7
C	874,572	750,315	85.8	297,272	34.0
D	84,264	77,975	92.5	31,954	37.9
TOTAL	7,252,175	6,576,366	90.7	4,381,451	60.4

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia, 2018

El 90.7% de la población que corresponde a las áreas con servicio de las EPSA reguladas cuenta con servicios de agua potable (población abastecida), mientras que el 60% tiene acceso a los servicios de alcantarillado (población servida).

Tomando en cuenta el total de las EPSA, aproximadamente el 55% del agua que es extraída proviene de una fuente subterránea; en la categoría B este porcentaje llega al 61% y solo en la categoría D, el porcentaje de origen subterráneo es menor (35%). En algunos casos, como ocurre en el oriente del país, el 100% es subterráneo.

Tabla 1.2 Producción de agua por categoría y según fuente

CATEGORÍA A	2016	2017	2018	% PONDERADO
Superficiales (m ³ /periodo)	92,413,481	86,964,459	95,068,846	48.0%
Subterráneas (m ³ /periodo)	99,055,637	98,388,102	99,890,580	52.0%
Total categoría (m³/periodo)	191,469,118	185,352,561	194,959,426	100.0%
CATEGORÍA B	2016	2017	2018	
Superficiales (m ³ /periodo)	40,319,413	37,684,055	43,963,394	38.9%
Subterráneas (m ³ /periodo)	63,254,890	64,645,598	64,049,668	61.1%
Total categoría (m³/periodo)	103,574,303	102,329,653	108,013,062	100.0%
CATEGORÍA C	2016	2017	2018	
Superficiales (m ³ /periodo)	16,204,732	18,673,233	14,188,029	47.3%
Subterráneas (m ³ /periodo)	15,262,600	19,435,152	20,025,107	52.7%
Total categoría (m³/periodo)	31,467,332	38,108,385	34,213,136	100.0%
CATEGORÍA D	2016	2017	2018	
Superficiales (m ³ /periodo)	936,761	2,185,152	2,085,807	65.1%
Subterráneas (m ³ /periodo)	702,435	1,056,011	1,036,198	34.9%
Total categoría (m³/periodo)	1,639,196	3,241,163	3,122,005	100.0%
TOTAL EXTRAÍDO	2016	2017	2018	
Superficiales (m ³ /periodo)	149,874,387	145,506,899	155,306,076	45.2%
Subterráneas (m ³ /periodo)	178,275,562	183,524,863	185,001,553	54.8%
Total categoría (m³/periodo)	328,149,949	329,031,762	340,307,629	100.0%

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia, 2018

1.2 Análisis de variables críticas en el consumo de energía

La entidad encargada de la regulación de las EPSA ha diseñado un conjunto de indicadores de desempeño en el ámbito técnico, económico, financiero y comercial. Estos indicadores permiten evaluar el desempeño de cada una de las entidades que prestan servicios de agua y alcantarillado. Para entender el comportamiento de la gestión energética en los servicios de agua potable y alcantarillado, es necesario analizar algunos indicadores que resultan críticos en términos de su incidencia en la eficiencia con la que se hace uso de la energía eléctrica y, por lo tanto, en los costos de operación de las EPSA.

Los indicadores que se analizan están relacionados, en parte, con el tipo de motores

de las bombas y con el sistema hidráulico en general, pero también tienen relación directa con las características de la gestión del suministro propiamente, las características del consumo final e, incluso, con la administración de cada una de las EPSA.

Para este fin, se han escogido tres indicadores, mismos que serán analizados para cada una de las categorías en las que están distribuidas las 75 EPSA que pertenecen al sistema regulatorio de la AAPS, Los indicadores que se analizarán son:

- Característica de la producción de agua por tipo de fuente: porcentaje de agua superficial y porcentaje de agua subterránea.

Esta variable permite distinguir la mayor o menor dependencia del consumo de energía, suponiendo que las que tienen fuentes subterráneas requieren de bombeo, en tanto que las que tienen fuentes superficiales, como es el caso de la EPSA LP, su gasto en energía asociado a la extracción es mucho menor, y en algunos casos, prácticamente nulo.

ii) Uso eficiente del recurso: El porcentaje de agua extraída que efectivamente llega a destino final, es decir, al usuario del servicio. Según el documento Indicadores de Desempeño de las EPSA reguladas, el parámetro óptimo debiera ser mayor a 65% en el caso de las EPSA de la categoría A y mayor a 60% en el resto de las categorías.

1.2.1 EPSA de la Categoría A

La EPSA de esta categoría en conjunto abastecen a un total de 3,669,707 habitantes, lo que corresponde al 47.5% de la población total de las áreas reguladas, y el 57.6%, del total de agua extraída por las EPSA reguladas del país, como promedio de las gestiones 2018 a 2020.

iii) Además, se analiza de manera general la eficiencia de recaudación que mide la efectividad del sistema de cobranza. En todas las categorías este índice debiera ser mayor o igual al 90 %. Aunque este índice no está directamente relacionado con las operaciones técnicas, tiene un efecto importante sobre la capacidad financiera de las EPSA.

Para el presente documento se analiza de manera específica el caso de las tres EPSA que pertenecen a la categoría A, debido a que la población con servicio de estas EPSA equivale prácticamente al 50% de la población abastecida por las 70 EPSA del sistema regulatorio. En el caso de las otras tres categorías se analizarán su comportamiento a partir de un promedio general y los máximos y mínimos para cada variable.

La Tabla 1.3, muestra el volumen de agua total extraída por SAGUAPAC, EPSA de la ciudad de Santa Cruz, así como la cantidad de agua que corresponde a fuentes subterráneas y fuentes superficiales en los periodos mencionados. En el caso específico de SAGUAPAC, el 100% del agua extraída proviene de fuentes subterráneas, por lo tanto, la incidencia del uso de energía eléctrica resulta muy importante en el costo de operación de esta EPSA.

Tabla 1.3 Tipo de fuente de agua SAGUAPAC Santa Cruz

FUENTE	2016	2017	2018
Superficiales (m ³ /periodo)	NC	NC	NC
Subterráneas (m ³ /periodo)	75,676,072	75,323,702	75,359,402
Agua extraída (m ³ /periodo)	75,676,072	75,323,702	75,359,402

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Reguladas en Bolivia 2018 (AAPS)
NC: no corresponde

Por su parte, en la Tabla 1.4, se presentan los volúmenes que corresponden a la EPSAS LP, que provee el servicio a las ciudades de La Paz, El Alto, Viacha y otros 5 municipios. En este caso, en 2018 se extrae alrededor del 15% de fuentes subterráneas y 85% de fuentes superficiales.

Tabla 1.4 Tipo de fuente de agua EPSAS La Paz

FUENTE	2016	2017	2018
Superficiales (m ³ /periodo)	79,942,443	72,946,163	69,907,150
Subterráneas (m ³ /periodo)	9,058,979	9,959,827	12,015,662
Agua extraída (m ³ /periodo)	89,001,422	82,905,990	81,922,812

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Reguladas en Bolivia 2018 (AAPS)

En la Tabla 1.5, se presentan los volúmenes de agua por tipo de fuente para el caso de SEMAPA que abastece de agua a la ciudad de Cochabamba. En este caso, en 2020 se extrae alrededor del 30 % de fuentes subterráneas y 70% de fuentes superficiales.

Tabla 1.5 Tipo de fuente de agua SEMAPA Cochabamba

FUENTE	2016	2017	2018
Superficiales (m ³ /periodo)	12,471,038	14,018,296	25,161,696
Subterráneas (m ³ /periodo)	14,320,586	13,104,568	12,515,516
Agua extraída (m ³ /periodo)	26,791,624	27,122,864	37,677,212

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Reguladas en Bolivia 2018(AAPS)

De los 195 millones de metros cúbicos de agua que extraen las tres EPSA, aproximadamente 100 millones de metros cúbicos provienen de fuente subterránea, es decir el 51%. Este volumen de agua está directamente asociado al consumo de energía eléctrica. Si las condiciones de extracción (tipo de bomba), profundidad del pozo y sistemas de distribución (longitud y diámetro de tuberías y tipo de artefactos) fuesen iguales, se podría hallar una correspondencia directa entre cada unidad de volumen de agua (m³) y la cantidad de energía utilizada (kWh). Sin embargo, esto no es así en ningún caso, por esa razón, como veremos más adelante, los consumos específicos de energía eléctrica (kWh/m³) varían considerablemente entre los diferentes pozos.

A continuación, analizaremos la eficiencia de los sistemas de suministro de agua de las tres EPSA de la categoría A.



1.2.2 Eficiencia del uso del agua en la categoría A

La cantidad de agua que las EPSA logran facturar efectivamente corresponde a un parte del total de agua explotada, el resto constituyen pérdidas que pueden atribuirse, por una parte, a las operaciones de la producción propiamente y, por otra, a las fugas y pérdidas en distribución a través de la red. En cualquier caso, es una cantidad de agua que no ha sido facturada, pero que tiene un costo de explotación.

Las pérdidas en producción se refieren a la diferencia de volúmenes entre la extracción de

la fuente y la que se produce como agua potable después del tratamiento o de la desinfección. Como se observa en la Tabla 1.6, EPSAS LP y SEMAPA tiene los mayores porcentajes de pérdidas en producción, pudiendo ser tan elevados como el 22.8% de lo extraído. En el caso de SAGUAPAC el nivel de pérdidas en producción es mínimo (alrededor del 1.2%) por tratarse de un sistema íntegramente de aprovisionamiento subterráneo con desinfección.

Tabla 1.6 Porcentajes de pérdidas de agua por EPSA

Perdidas	EPSAS LP			SAGUAPAC			SEMAPA		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
En producción (%)	13.58	10.61	5.93	1.16	1.17	1.32	14.49	22.81	9.28
En la red (%)	29.66	31.20	26.17	17.48	16.58	16.37	37.62	35.12	51.38

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Regulada

1.2.3 EPSA categoría B

Entre las ciudades importantes atendidas en esta categoría se encuentran capitales de departamento como Tarija, Sucre, Oruro, Potosí, Cobija y Trinidad, pero también otras cooperativas de agua que comparten el mismo municipio, como es el caso de COOPAPPI y SAJUBA en Santa Cruz, y también las que prestan el servicio como mancomunidades, es decir, una EPSA que atiende varios pueblos, como es el caso de MANCHACO, que atiende poblaciones como Boyuibe, Monteagudo, Lagunillas, y otras poblaciones. Pertenecen a esta categoría 19 EPSA, en esta categoría solo 16 presentan

información regular, el resto figura sin datos en el registro de los indicadores de desempeño de la AAPS.

En mayor o menor medida, las EPSA de esta categoría extraen de fuentes subterráneas más del 60% del agua que proveen a sus poblaciones, como promedio de los 3 años analizados. Esto las hace más dependientes del consumo de energía en sus operaciones de abastecimiento. En el caso de Santa Cruz y de La Paz, la totalidad de las EPSA de esta categoría en estos departamentos extraen el agua de pozos.

Tabla 1.7 Volúmenes extraídos según fuente en EPSAS categoría B

Fuente	Total - Categoría B por periodo			Participación(*) [%]
	2016	2017	2018	
Superficiales (m³/periodo)	40,319,413	37,684,055	43,963,394	38.8%
Subterráneas (m³/periodo)	63,254,890	64,645,598	64,049,668	61.1%
Agua extraída (m³/periodo)	103,574,303	102,700,201	108,013,062	99.9%

(*) Calculado en base al promedio de las 3 gestiones
Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Regulada

Las pérdidas que se registran en estas EPSA son mayoritariamente en la distribución. Para el año 2018, las 7 EPSAS con menores pérdidas estaban en el orden del 17%, como promedio; 8 se sitúan en el nivel medio con 31% de pérdidas y, finalmente, 2 con el mayor nivel, 39%.

Tabla 1.8 Pérdidas en distribución categoría B

	Período 2018		
	Menores pérdidas	Pérdida media	Mayores pérdidas
Número de Empresas	7	8	2
Promedio pérdida (%)	16.9%	31.0%	39.3%

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Regulada

Debe recalarse que el nivel de pérdidas que se observa en las EPSA de esta categoría es menor a las observadas en la categoría A. Las mayores pérdidas de esta categoría (39.3%) son mucho menores que las mayores pérdidas de la categoría A (51%).



1.2.4 EPSA categoría C

El volumen total de agua explotada de las 35 EPSA solo alcanza a un tercio del volumen de la categoría B. La distribución por tipo de fuente se reparte de manera prácticamente igual entre superficial y subterránea, para los 3 periodos analizados, en promedio, pero se observa que

el agua subterránea ha ido incrementando significativamente a través del tiempo. Como se observa en la Tabla 1.9, en 2016 el volumen mayor correspondía a agua superficial, pero para 2018 esta fuente solo representa el 42%.

Tabla 1.9 Volúmenes extraídos según fuente en EPSA categoría C

Fuente	Total Categoría C por periodo			Participación(*) [%]
	2016	2017	2018	
Superficial (m³/periodo)	16,204,732	18,673,233	14,188,029	47.3%
Subterránea (m³/periodo)	15,262,600	19,435,152	20,025,107	52.7%
Agua extraída (m³/periodo)	31,467,332	38,108,385	34,213,136	100.0%

(*) Calculado en base al promedio de las 3 gestiones
Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Regulada

Entre 25 de las EPSA de esta categoría que cuentan con información, 5 tienen pérdidas que están en el orden del 11.5%, en promedio; las con pérdidas medias alcanzan en promedio al 23% y las altas llegan hasta el 41%.

Tabla 1.10 Perdidas en distribución Categoría C

	Periodo 2018		
	Perdidas menores	Perdida Media	Mayores pérdidas
Número de Empresas	5	11	9
Promedio pérdida (%)	11.5%	23.7%	40.9%

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Regulada

1.2.5 EPSA categoría D

El volumen total de agua llega apenas a 3.1 millones de metros cúbicos por año en 2018, pero se observa que se ha duplicado respecto a 2016. El nivel de información reportado es muy bajo e irregular. Es posible que el incremento se

deba a que ha mejorado el nivel de información reportado o al ingreso de nuevas EPSA en la categoría. En esta categoría la mayoría del agua proviene de fuentes superficiales (65.1%)

Tabla 1.11 Volúmenes extraídos según fuente en EPSAS categoría D

Fuente	Total categoría D por periodo			Participación [%]
	2016	2017	2018	
Superficial (m³/periodo)	936,761	2,185,152	2,085,807	65.1%
Subterránea (m³/periodo)	702,435	1,056,011	1,036,198	34.9%
Agua extraída (m³/periodo)	1,639,196	3,241,163	3,122,005	100.0%

(*) Calculado en base al promedio de las 3 gestiones
Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Regulada

Tabla 1.12 Perdidas en distribución Categoría D

	Periodo 2018		
	Perdidas menores	Perdida Media	Mayores pérdidas
Número de Empresas	3	7	2
Promedio pérdida (%)	8.7%	26.7%	50.7%

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA Regulada

Para la gestión 2018, 12 EPSA de esta categoría reportaron el nivel de pérdidas. Dos de ellas reportaron niveles menores que alcanzan el 8.7%, en promedio; en tanto que las de mayor pérdida superan el 50%.

1.3 Análisis del consumo de energía y los indicadores de desempeño

1.3.1 Consumo de Energía

La información acerca del uso de energía en las EPSA resulta insuficiente y por tanto no es posible calcular los consumos específicos de energía relacionados con la producción de agua, en ese entendido, y con el fin de poder analizar el consumo eléctrico en las EPSA **se recogieron los resultados que presenta el documento "Evaluación de los costos de energía eléctrica u otras fuentes de energía en la operación y/o sostenibilidad de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario"**², en adelante se hará referencia al estudio GIZ-AAPS 2012. Aunque los resultados no son actuales y no están desagregados, son muy importantes para tener una buena aproximación a la situación actual del desempeño energético de las EPSA y su impacto en los costos operativos y en la tarifa final. Concretamente, se ha utilizado el dato del consumo específico de energía eléctrica (kWh/m³) que se reporta en dicho estudio para poder calcular el consumo de energía eléctrica actual.

El citado estudio incluye un total de 27 EPSA registradas en la AAPS, entre las cuales se encuentran las 3 empresas de la categoría A y el resto pertenecen a las categorías B, C y D. Este número de EPSA representa el 39% del total reguladas y nos permite, además, diferenciar la incidencia del consumo de energía entre grandes y medianas. Del total de EPSA analizadas, 18 extraen el agua de fuente subterránea exclusivamente, 6 son mixtas y solo 3 tiene fuente superficial exclusivamente.

En las Tablas 1.13, 1.14 y 1.15 se presentan los datos que reporta el estudio de evaluación de los costos de energía eléctrica realizado por la GIZ y la AAPS en 2012. Las dos primeras tablas corresponden a las operaciones de bombeo y al tratamiento o desinfección, respectivamente; en tanto que la tercera tabla muestra al conjunto de las operaciones.

Una primera conclusión a partir de la información proporcionada muestra que el **consumo de energía destinado al tratamiento de agua es muy pequeño en comparación con las operaciones de extracción de agua** y, por tanto, su incidencia en el costo específico es marginal, menor al 10%.

Para usar los datos de dicho estudio se tomó en cuenta tres criterios: i) el consumo específico de energía de un sistema debiera permanecer constante o con pocas fluctuaciones a menos que haya variaciones significativas en la tecnología de bombeo y/o en las condiciones estructurales de operación i) profundidad de los pozos; ii) que los valores que se registran en el estudio estén en el rango que se ha obtenido en mediciones sistemáticas en otros pozos; y iii) que esté dentro del rango de consumos específicos históricos de otras EPSA cuya información está disponible y sea confiable.

Por otra parte, el consumo específico de energía eléctrica (kWh/m³) en las EPSA de la categoría A es mayor en un 27%, respecto a las que pertenecen a las otras categorías. Esto podría estar relacionado con la profundidad de los pozos y los sistemas de distribución específicos (mayor recorrido de la red, en el caso de distribución directa desde los pozos a la red).

2 Estudio realizado por la GIZ y la AAPS en 2012

En contraposición, los costos unitarios de la energía (Bs/kWh) son menores para las empresas de la categoría A, en un 10%, (0.06/0.59) lo cual compensa, en parte, el costo específico (Bs/m³), pese a ello, el costo específico en las EPSA de la categoría A es mayor en un 14%.

Tabla 1.13 Consumo y costos específicos de energía en pozos y/o estaciones de bombeo

Descripción	Consumo Energía Eléctrica/Producción Agua (kWh/m ³)	Costo Energía Eléctrica/Consumo Energía Eléctrica (Bs./kWh)	Costo Energía Eléctrica/Producción Agua (Bs./m ³)
TOTAL EPSA	0.50	0.59	0.30
EPSA Tipo A (EPSAS, SAGUAPAC, SEMAPA)	0.61	0.53	0.32
EPSAS Tipo B, C, D	0.48	0.59	0.28

Fuente: Estudio GIZ – AAPS, 2012.

Tabla 1.14 Consumo y costos específicos de energía tratamiento de agua potable

Descripción	Consumo Energía Eléctrica/Tratamiento Agua (kWh/m ³)	Costo Energía Eléctrica/Consumo Energía Eléctrica (Bs./kWh)	Costo Energía Eléctrica/Tratamiento Agua (Bs./m ³)
TOTAL EPSA	0.04	0.83	0.03
EPSA Tipo A (EPSAS, SAGUAPAC, SEMAPA)	0.04	0.62	0.02
EPSAS Tipo B,C, D	0.04	0.90	0.03

Fuente: Estudio GIZ – AAPS, 2012.

Tabla 1.15 Consumo y costos específicos de energía sistema de agua potable

Descripción	Consumo Energía Eléctrica/Producción Agua (kWh/m ³)	Costo Energía Eléctrica/Consumo Energía Eléctrica (Bs./kWh)	Costo Energía Eléctrica/Producción Agua (Bs./m ³)
TOTAL EPSA	0.42	0.57	0.24
EPSA Tipo A (EPSAS, SAGUAPAC, SEMAPA)	0.36	0.53	0.19
EPSAS Tipo B, C, D	0.43	0.57	0.25

Fuente: Estudio GIZ – AAPS, 2012.

En la Tabla 1.16, se puede ver la incidencia porcentual del costo de la energía eléctrica, tanto en los costos operativos, como en el costo total, para los años 2010 y 2011, así como el incremento entre ambos años. En general, para todas las EPSA analizadas, la incidencia del costo de la energía eléctrica en los costos operativos es elevada, por encima del 20%, y con tendencia a incrementarse debido al incremento anual de los costos unitarios de la energía eléctrica. Para el total de las EPSA analizadas en el estudio de la GIZ, la incidencia del costo de la energía en 2011 es 7.4% mayor que la que se tenía en 2010. Las EPSAS de menor tamaño, categorías B, C y D, tienen la mayor incidencia, hasta el 40% de sus costos de operación. Respecto al costo total, la incidencia de la energía es menor, pero resulta significativa, especialmente en las más pequeñas, en las cuales puede representar hasta el 15.8% del costo total.

Tabla 1.16 Incidencia del costo de energía eléctrica en los costos de las EPSA

Descripción	Costo Energía Eléctrica/Costo Operativo (%)			Costo Energía Eléctrica/Costo Total (%)		
	2010	2011	Incremento	2010	2011	Incremento
TOTAL EPSA	30.6	38.0	7.4	11.4	15.0	3.5
EPSA Tipo A (EPSAS, SAGUAPAC, SEMAPA)	23.4	24.9	1.5	11.5	12.3	0.7
EPSAS Tipo B, C, D y E	31.8	40.2	8.4	11.4	15.8	4.4

Fuente: Estudio GIZ – AAPS, 2012.

Cabe recalcar, que la información disponible nos permite el análisis global, no así examinar con mayor precisión dónde radican los problemas de

ineficiencia en la extracción de agua subterránea principalmente.

1.3.2 Indicadores de desempeño

El sistema de regulación ha definido un total de 32 indicadores con los cuales se evalúa el desempeño de las EPSA. A su vez, estos indicadores están agrupados en 10 criterios e intentan alcanzar con ellos los 5 objetivos de la evaluación de desempeño. Para cada uno de los indicadores de desempeño se han fijado parámetros óptimos que son los que deben alcanzar mínimamente para conseguir la aprobación del ente regulador. Estos parámetros están diferenciados para cada una de las categorías, siendo más rigurosas para las EPSA de la categoría, que son las más grandes.

El criterio de “Razonabilidad económica para la prestación del servicio” define 7 indicadores, entre ellos: i) el índice de operación eficiente; ii) la prueba ácida; iii) eficiencia de recaudación;

iv) el índice de endeudamiento total; v) la tarifa media; vi) el costo unitario de operación; y vii) el índice de ejecución de inversiones. Ninguno de ellos hace referencia al consumo de energía, ni su incidencia en los costos operativos y en la tarifa final de las respectivas EPSA, pese a que su incidencia en ambos casos es muy significativa, especialmente en las EPSA cuya proporción de agua de fuentes subterráneas es mayor que la de fuentes superficiales.

En la Tabla 1.17 se presenta un conjunto de indicadores que pueden incorporarse entre los requeridos para la evaluación del desempeño de las EPSA por parte de la autoridad reguladora, aun cuando es más importante para la evaluación de las EPSA, más allá las exigencias de la autoridad.

Tabla 1.17 Indicadores para evaluar el desempeño energético de las EPSA

Indicador	Relación	Definición
Consumo específico	kWh/m ³	Energía eléctrica (EE) consumida por unidad de volumen de agua extraída
Costo específico	BsEE/m ³	Costo de la energía eléctrica por unidad de volumen extraída,
Incidencia/costo operativo	BsEE/Bs operación	Costo de la energía eléctrica utilizada sobre costo total de operación
Incidencia/tarifa final	BsEE/Bs tarifa media	Costo de la energía eléctrica utilizada sobre tarifa media

Fuente: Datos de las auditorías energéticas en EPSA realizadas en el CPTS.

Para la aplicación e interpretación de los indicadores anteriormente propuestos, las EPSA requieren tener sistemas de medición confiables y oportunos. Es importante recalcar que en el caso de las EPSA que explotan agua a partir de fuentes subterráneas, los respectivos pozos están ubicados a distancia considerable unos respecto de otros, por esta razón, cada uno de los pozos tiene una acometida eléctrica con su respectivo sistema de medición. La recolección de información de cada uno de ellos resulta un costo operativo adicional por el tiempo, el personal y el transporte que supone la operación.

Algunos aspectos que deben tomarse en cuenta a la hora de evaluar el desempeño energético son: i) el dato global del consumo de energía eléctrica, registrado normalmente por las EPSA, nos permite conocer el panorama general del consumo y costo energético, pero no el nivel de eficiencia con el que se está utilizando la energía en cada uno de los pozos, de ahí la necesidad

de correlacionar el consumo de energía eléctrica y su costo con el volumen de agua producido efectivamente para tener un índice o indicador que nos permita compararlo en el tiempo (comportamiento histórico) y también con otros sistemas de bombeo; ii) el consumo y costo de energía eléctrica a registrarse y evaluarse debe corresponder a cada uno de los pozos; en algunos casos se incluye dentro de los reportes de energía el consumo de oficinas administrativas, lo cual distorsiona el concepto de consumo y costo específico; iii) para el cálculo del costo específico de la energía debe tomarse en cuenta todos los costos asociados al servicio de energía eléctrica; es común que se tome en cuenta el costo de la energía, pero no se contabilizan los costos adicionales, como potencia demandada y las tasas municipales de alumbrado público; iv) el costo específico debe ser corregido tomando en cuenta el volumen de agua facturada respecto al total de agua explotada.

1.3.3 Los indicadores energéticos y su importancia en el desempeño de las EPSA

1.3.3.1 Indicadores de desempeño en las EPSA categoría A

Los datos obtenidos muestran la situación actual (2018) para cada una de las tres EPSA de la Categoría A, calculados a partir del consumo específico, como se explicó anteriormente. El nivel de pérdidas que se toma en cuenta corresponde al que ocurre en la red de distribución; de la misma manera, **el cálculo del consumo de energía eléctrica se ha efectuado tomando en cuenta solo el volumen de agua con fuente subterránea que se reporta en el documento "Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia. 2018"**³.

³ Indicadores de Desempeño de las EPSA reguladas en Bolivia 2018. Autoridad de Fiscalización y Control Social de Agua Potable y Saneamiento Básico AAPS – Proyecto PERIAGUA GIZ. 2019.



Tabla 1.18 Consumo de energía eléctrica y pérdidas en Categoría A (2018)

Variable	SAGUAPAC	EPSAS LPZ	SEMAPA
Agua superficial (m ³ /periodo)	0	69,907,150	25,161,696
Agua subterránea (m ³ / periodo)	75,359,402	12,015,662	12,515,516
Total (m ³ /periodo)	75,359,402	81,922,812	26,413,212
Consumo específico (kWh/m ³)	0.61	0.61	0.61
Consumo de Energía (kWh/año) *	45,969,235	7,329,554	7,634,465
Pérdidas en red (%) *	16.4	26.2	51.4
Volumen no contabilizado (m ³ / periodo) *	12,336,334	3,144,499	6,432,975
Costo unitario energía Bs/kWh	0.50	0.40	0.60
Costo específico (Bs/m ³)	0.31	0.24	0.37
Costo total energía (Bs/periodo)	22,984,618	2,931,822	4,580,679
Costo total energía (US\$/periodo)	3,302,387	421,239	658,144

* Calculado respecto solo al agua subterránea

Fuente: Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas 2018 AAPS-PERIAGUA GIZ. Estudio GIZ – AAPS, 2012

Como se observa en la Tabla 1.18, el consumo de energía eléctrica más elevado corresponde a SAGUAPAC porque su provisión corresponde a aguas subterráneas en su totalidad, en consecuencia, el gasto en energía también es elevado, alrededor de 3.3 millones de dólares anuales. En el caso de Cochabamba, aun cuando el volumen de agua de fuente subterránea es similar al de La Paz, el gasto de energía es un 50% mayor que en esta última, debido al mayor costo específico en el bombeo.

El volumen de agua bombeada no contabilizado o no facturado tiene un costo en energía, mismo que debe ser distribuido en el costo del volumen de agua facturado que es el que las EPSA comercializan y por el cual reciben un ingreso. Por otra parte, el volumen de agua no contabilizado, además de significar un gasto para las EPSA por el costo del bombeo, en realidad es un ingreso no percibido que, como veremos en la Tabla 1.20, es muy significativo.

Tabla 1.19 Pérdidas en las EPSA por volumen no contabilizados

Variable	SAGUAPAC	EPSAS LPZ	SEMAPA
Volumen no contabilizado (m ³ / periodo)	12,336,334	3,144,499	6,432,975
Consumo específico (kWh/m ³)	0.61	0.61	0.61
Consumo de Energía (kWh/año)	7,525,164	1,918,144	3,924,115
Costo específico (Bs/m ³)	0.31	0.24	0.37
Costo del agua no contabilizada (Bs)	3,762,582	767,258	2,354,469
Tarifa media (Bs/m ³)	5.43	4.36	5.91
Ingreso no percibido Bs/año	66,986,294	13,710,016	38,018,882
Pérdidas totales (Bs/año)	70,748,875	14,477,273	40,373,351
Pérdidas totales (US\$/año)	10,165,068	2,080,068	5,800,769

* Calculado respecto solo al agua subterránea

Fuente: Calculado a partir de "Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas 2018 AAPS-PERIAGUA GIZ" Estudio GIZ – AAPS, 2012

En términos del costo total del agua no contabilizada, este es el equivalente al porcentaje de agua que no facturan. El caso de SEMAPA es el más significativo porque representa más del 50% de lo que paga anualmente por la energía; en tanto que para SAGUAPAC es un 16%; y en el caso de EPSAS LP, el 26%. Si se contabiliza el monto que dejan de percibir las EPSA por el agua no facturada y el gasto en energía por ese mismo volumen, tenemos que anualmente SAGUAPAC pierde alrededor de 10 millones dólares; EPSAS LP, 2 millones de dólares y SEMAPA 5.8 millones de dólares. Montos superiores al pago de energía que realizan cada una de las empresas. En el caso

3.6.3.1 Indicadores de desempeño en las EPSA de las categorías B, C y D

Para el resto de las categorías se ha procedido de manera similar. Para el cálculo de la energía consumida se ha tomado como dato el consumo específico promedio calculado por el estudio de la GIZ en 2012. Respecto al volumen de agua producido, tanto superficial como subterránea, se tomó la información contenida en el documento Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas 2018.

Para el costo unitario de la energía eléctrica se tomó un promedio de las tarifas de las empresas distribuidoras de electricidad. Finalmente, el cálculo del consumo total de energía se refiere

de SEMAPA hasta 8.6 veces más que su gasto anual en bombeo de agua; en el caso de EPSAS LP 5 veces, y 3 veces en el caso de SAGUAPAC.

Por supuesto que no es posible reducir la totalidad de las pérdidas en distribución, pero el cálculo tiene el propósito de mostrar la magnitud de los costos en los que incurren las empresas y, a su vez, los ingresos que dejan de percibir. Como se verá posteriormente, una parte importante de los ahorros en energía están asociados a la reducción de pérdidas en la red de distribución y/o en general al agua que no se factura.

exclusivamente al volumen de agua bombeada por las EPSA, es decir, no corresponde al total del agua producida.

El mayor consumo de energía corresponde a las EPSA de la categoría B por la proporción de agua subterránea que distribuyen. Las que corresponden a la categoría C son las más numerosas, pero el consumo de energía representa solo un tercio de la categoría B porque los volúmenes que manejan son menores. Las EPSA de la categoría D son pocas y prestan servicios a poblaciones con menos de 2,000 habitantes, eso explica el bajo consumo de energía.

Tabla 1.20 Consumo de energía eléctrica y pérdidas en Categoría B, C y D (2018)

Variable	Categoría B	Categoría C	Categoría D
Agua superficial (m ³ /periodo)	43,963,394	14,188,029	2,085,807
Agua subterránea (m ³ /periodo)	64,049,668	20,025,107	1,036,198
Total (m ³ /periodo)	108,013,062	34,213,136	3,122,005
Consumo específico (kWh/m ³)	0.43	0.43	0.43
Consumo de energía (kWh/año) *	27,541,357	8,610,796	445,565
Pérdida en red (%) *	31.0	23.7	26.7
Volumen no contabilizado (m ³ / periodo) *	19,855,397	4,745,950	276,665
Costo unitario energía Bs/kWh	0.78	0.78	0.78
Costo específico (Bs/m ³)	0.34	0.34	0.34
Costo total energía (BS)	21,482,259	6,716,421	347,541
Valor total (US\$)	3,086,531	965,003	49,934

* Calculado respecto solo al agua subterránea
Fuente: Calculado a partir de "Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas 2018 AAPS-PERIAGUA GIZ" "Evaluación de los costos de energía AAPS - GIZ"

Al igual que en el caso de las EPSA más grandes, existen volúmenes de agua que no son contabilizados o facturados, pero que tiene un costo para las empresas en tanto han sido bombeados. Estos volúmenes están alrededor de

una cuarta parte de lo que explotan las EPSA de estas categorías desde fuentes subterráneas. Un detalle de las pérdidas económicas se presenta en la Tabla 1.21.

Tabla 1.21 Pérdidas en las EPSA por volumen no contabilizados

Variable	Categoría B	Categoría C	Categoría D
Volumen no contabilizado (m ³ / periodo)	19,855,397	4,745,950	276,665
Consumo específico (kWh/m ³)	0.43	0.43	0.43
Consumo de Energía (kWh/año)	8,537,821	2,040,759	118,966
Costo específico (Bs/m ³)	0.335	0.335	0.335
Costo del agua no contabilizada	6,659,500	1,590,368	92,710
Tarifa media (Bs/m ³)	3.5	3.21	2.65
Ingreso no percibido Bs/año	69,493,890	15,234,500	733,162
Pérdidas totales (Bs/año)	76,153,390	16,824,868	825,872
Pérdidas totales (US\$/año)	10,941,579	2,417,366	118,660

* Calculado respecto solo al agua subterránea
Fuente: Calculado a partir de "Indicadores de desempeño de las EPSA reguladas 2018 AAPS-PERIAGUA GIZ" "Evaluación de los costos de energía AAPS - GIZ"





2 La experiencia de Eficiencia Energética en EPSA en Bolivia

2.1 Introducción

En el presente capítulo se describirá las experiencias de eficiencia energética llevadas a cabo en un conjunto de EPSA del país. Con base en estas experiencias se identificarán oportunidades para mejorar el desempeño energético de estas entidades y permitirán analizar las principales barreras que deben superarse para introducir medidas de EE en los sistemas encargados del servicio de agua y saneamiento básico. En esa medida, las experiencias que se explican son a su vez oportunidades de ahorro de energía, pues abarcan la totalidad de las operaciones más importantes en el suministro de agua, especialmente provenientes de fuente subterránea.

La experiencia que se describe ha sido parte de las auditorías energéticas realizadas en cooperativas de agua en los departamentos de Santa Cruz y Tarija. En todos los casos se trata de la evaluación del consumo de energía en los respectivos sistemas de bombeo y de los sistemas de distribución. Estas experiencias se han llevado a cabo en el marco del Programa GREENPYME y han contado con el apoyo de la Agencia de Metrología de Alemania (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB) y del Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO). Estas dos últimas desarrollaron un programa de “Fortalecimiento de la Infraestructura de la Calidad en el Sector de Energías Renovables y Eficiencia Energética en Bolivia” mismo que incluía brindar asistencia técnica a la gestión ambiental de las cooperativas de agua. Esta experiencia fue ejecutada por el Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS)

Las experiencias específicas en el sector de agua se llevaron bajo dos modalidades. En la primera parte, un grupo de ingenieros especializados llevaron a cabo auditorías energéticas en cuatro EPSA; durante el trabajo de campo se brindó capacitación a los técnicos de las respectivas

cooperativas. En la segunda parte se acompañó y monitoreó a los técnicos de las otras seis EPSA que realizaron auditorías energéticas en sus respectivas empresas, previa capacitación del personal técnico de cada una de ellas.

2.2 Principales hallazgos en las auditorías energéticas en sistemas de bombeo

Los hallazgos encontrados permitieron comprobar las hipótesis que fueron propuestas de manera preliminar, mismas que fueron formuladas después de revisar cuidadosamente la información de las características de un grupo de pozos en funcionamiento permanente en cada una de las EPSA auditadas. Entre la información analizada está el caudal, la presión de trabajo del sistema, el nivel estático y dinámico de los pozos analizados, el consumo energético y la producción de agua. Esto permitió establecer los distintos regímenes de operación en el bombeo.

Adicionalmente, se analizó de manera preliminar y a partir de la información previamente proporcionada por las EPSA, el tipo de instalaciones a la salida del pozo, especialmente las alturas de la tubería, su diámetro y la cantidad y tipo de accesorios que estaban instalados a la salida de los pozos para la distribución del agua.

Con la información proporcionada de forma preliminar por cada una de las EPSA, se analizó el consumo específico de energía para el bombeo de agua y se diseñó una planilla de cálculo para determinar la eficiencia del sistema de bombeo in situ. Si bien se tenía información adicional para identificar la tecnología de cada pozo y el grado de automatización con el que se contaba, fue durante los diagnósticos o auditorías energéticas cuando se recabó más información, sobre todo en lo que se refiere en registros de los parámetros reales de operación de los pozos durante todo el día, principalmente la presión del sistema, el caudal suministrado a la red de distribución y la potencia demanda por cada motor de las bombas diagnosticadas, entre otros.

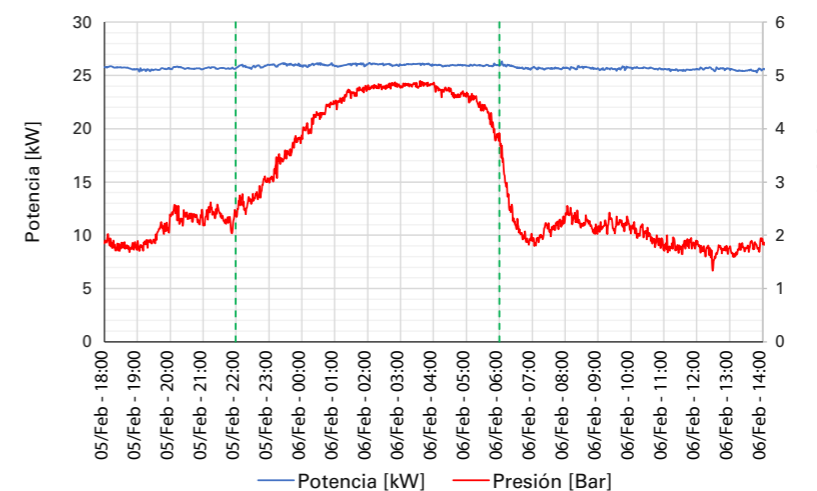
El propósito general era determinar cuáles eran los factores de funcionamiento del sistema de bombeo que afectaban de manera crítica a la eficiencia con la que se usaba la energía a partir de mediciones in situ.

2.2.1 Análisis de la potencia demandada y la presión del sistema de bombeo

La potencia demandada en un sistema de bombeo depende de las características del pozo, principalmente profundidad, y del caudal que se quiere extraer, por lo tanto, el dimensionamiento del motor de la bomba estará en función de esos parámetros. A su vez, la potencia demandada

definirá el consumo de energía eléctrica en función de las horas de trabajo de la bomba. Generalmente, en sistemas de dotación de agua a un grupo de usuarios implica el funcionamiento permanente de las bombas, es decir 24 horas al día y los siete días de la semana.

Figura 2.1 Pozo en operación permanente. Motor sin variador de frecuencia



Fuente. CPTS. Auditoría energética en cooperativas de agua

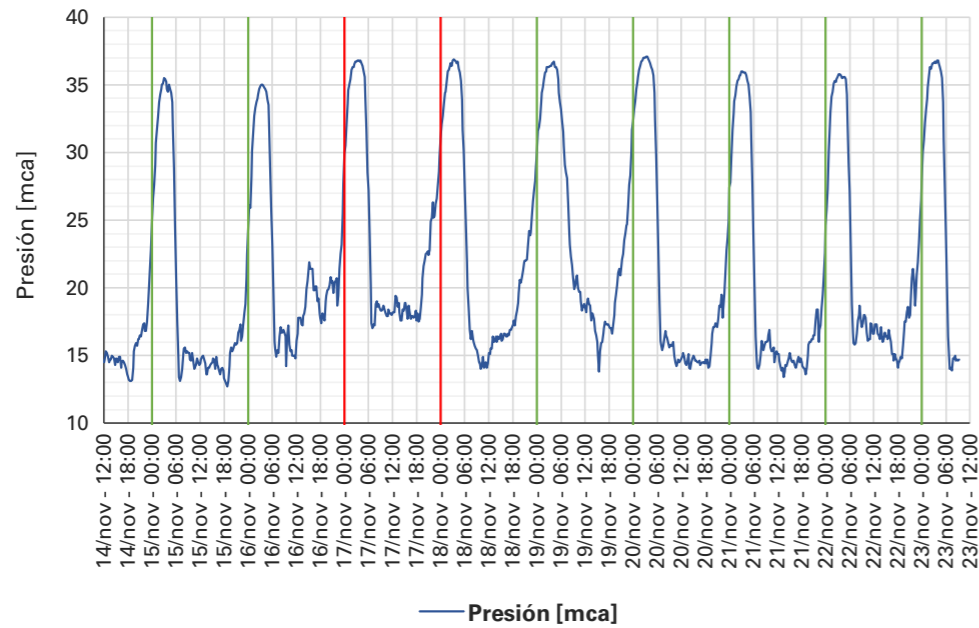
En la Figura 2.1 se presenta el resultado del seguimiento al funcionamiento del sistema de bombeo en un pozo, el cual no contaba con un variador de frecuencia (VDF). El sistema de encendido del motor de la bomba se realiza con un arranque estrella triángulo.

Las mediciones registradas durante 24 horas muestran cual es el comportamiento de la potencia y la presión durante todo ese tiempo. Como se observa en la figura 2.1, la potencia eléctrica de funcionamiento es prácticamente constante durante todo el periodo, alrededor de 26 kW. Sin embargo, el comportamiento de la presión del sistema presenta cambios muy marcados: i) la presión de operación del sistema

se incrementa rápidamente a partir de las 22:00h; ii) entre las 23:00h y 05:00h, del día siguiente, se mantiene en un valor máximo alcanzado; iii) se inicia un descenso sostenido a partir de las 06:00h del día siguiente; iv) alcanza la presión de operación a las 07:00h. Esta presión se mantiene a lo largo del día con pequeñas fluctuaciones.

Este comportamiento de la presión se explica fácilmente porque se trata del comportamiento de los consumidores que durante el día están consumiendo agua, por lo tanto, la presión del sistema disminuye, mientras que a partir de las 23:00 horas deja de consumir y la presión del sistema se incrementa hasta retomar su régimen de trabajo al día siguiente.

Figura 2.2 Registro de presión durante una semana



Fuente: CPTS, Auditoría energética en cooperativas de agua

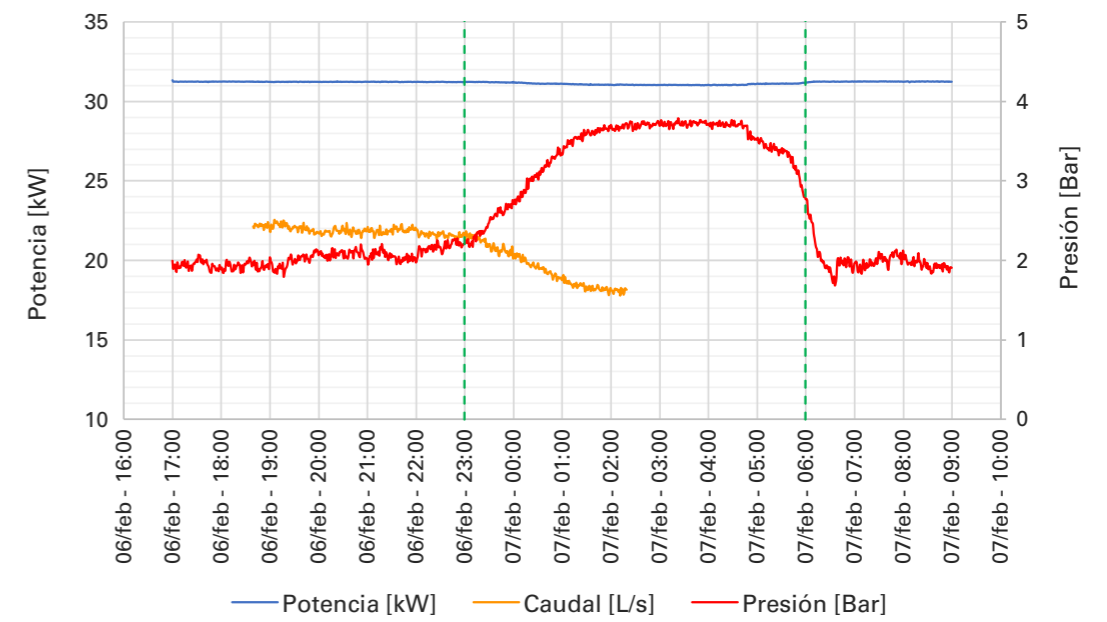
En la Figura 2.2 se presenta el registro de 7 días, incluidos los días de fin de semana. Se puede observar el mismo comportamiento que se mostró anteriormente, con valores mínimos de presión durante el día y el incremento de presión en el horario nocturno y la madrugada,

En todos los casos registrados la potencia del sistema permaneció constante, independientemente de la presión del sistema. El consumo de energía, por tanto, será equivalente a la integral del área que está por debajo de la máxima potencia demandada. En términos simples, significa que el consumo de energía eléctrica es el mismo si el sistema de bombeo está a plena capacidad (mínima presión) o si está prácticamente sin demanda (máxima presión).

En la Figura 2.3 se presenta el registro de las mediciones efectuadas en otro sistema de bombeo, con un comportamiento parecido al mostrado anteriormente. En este caso se muestra, además, el comportamiento del caudal. Se trata de un sistema de bombeo sin variador de frecuencia con una demanda de potencia de alrededor 31 kW,

Como es de esperar, se observa la reducción del caudal a medida que la presión del sistema se incrementa. Esta reducción del caudal tiene un impacto directo en el valor de consumo específico, en otras palabras, siendo el consumo específico la relación entre la potencia y el caudal, cuanto menor sea el caudal bombeado para una potencia constante, mayor será el consumo de energía por cada unidad de volumen de agua.

Figura 2.3 Pozo en operación permanente. Motor sin variador de frecuencia

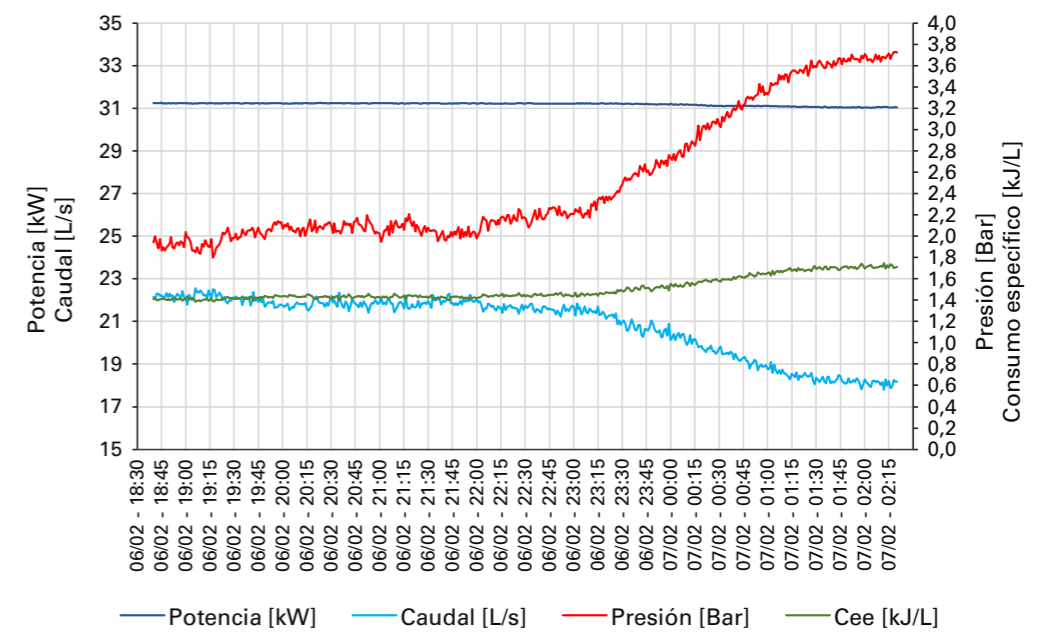


Fuente: CPTS, Auditoría energética en cooperativas de agua

Finalmente, en la Figura 2.4 se presenta el funcionamiento de un sistema de bombeo sin variador de frecuencia. Se observa los registros de demanda de potencia eléctrica de la bomba

de agua (línea azul), la presión (línea roja) y el caudal de salida (línea celeste). Además, se muestra el cálculo del consumo específico (línea verde) en los diferentes regímenes de operación,

Figura 2.4 Variación de la presión de operación, caudal y consumo específico en un sistema de bombeo a potencia constante



Fuente: CPTS, Auditoría energética en cooperativas de agua

Como en los anteriores casos, la presión de salida del sistema se va incrementando durante la noche, mientras que el caudal de salida disminuye, pero la demanda de potencia del motor de la bomba de agua permanece constante. Esto nos demuestra también que el consumo de electricidad permanece constante en todo el periodo presentado, pero el consumo específico se incrementa gradualmente debido a la reducción en el caudal de salida a potencia constante del motor de la bomba de agua.

2.2.2 Cambios en los regímenes de operación

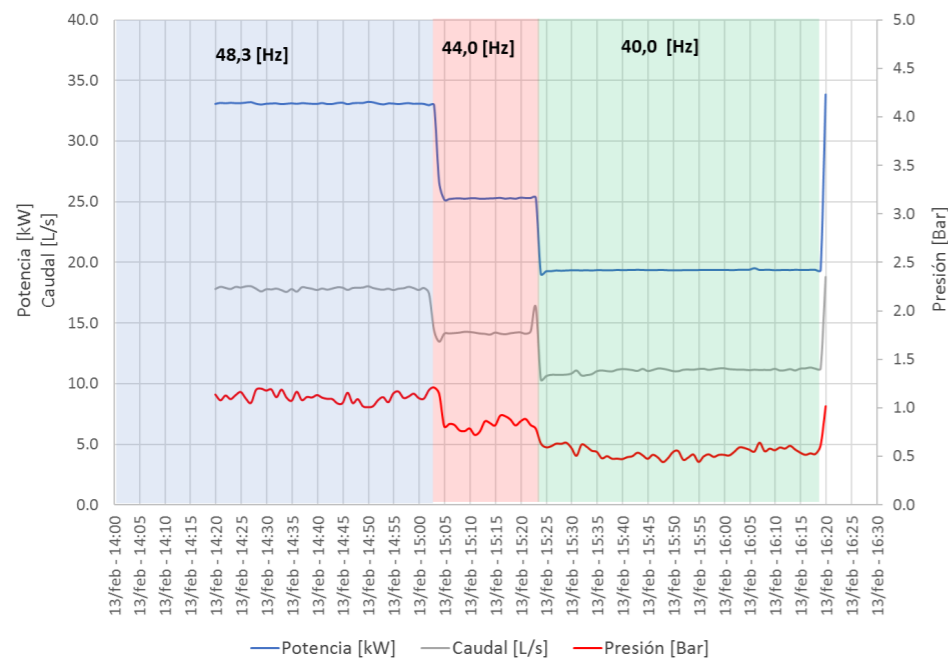
Durante las auditorías energéticas realizadas en los pozos de las cooperativas de agua, además de determinar la eficiencia global del sistema de bombeo para un determinado régimen de operación, como se mostró en el acápite anterior, se efectuaron pruebas variando las condiciones de operación en sistemas de bombeo. Estas pruebas se realizaron en sistema que cuentan con variador de frecuencia. Esto permitió determinar los cambios en las variables presión, caudal y demanda de potencia, con el fin de poder establecer regímenes de operación

En todos los casos analizados se trata de motores de las bombas que no cuentan con variadores de frecuencia, por lo tanto, no es posible reducir la potencia del sistema en función de la presión del sistema. La instalación de variadores de frecuencia permite variar la frecuencia del motor y, por tanto, la potencia demandada. De esta manera se logra una reducción significativa del consumo de energía.

óptimos. Estas pruebas fueron la base de las recomendaciones a las respectivas cooperativas donde se realizaron las auditorías energéticas.

En la Figura 2.5, se presenta el comportamiento de un sistema bombeo que cuenta con un variador de frecuencia. Las pruebas que se realizaron muestran, como es lógico, que el cambio en la frecuencia de operación modifica las otras variables del sistema: caudal, presión, potencia y consumo energético.

Figura 2.5 Variación de la frecuencia de operación en sistema de bombeo



Fuente. CPTS, Auditorías energéticas en cooperativas de agua

Se observa el comportamiento de dichas variables después de cambiar la frecuencia de operación del motor de la bomba de agua. Se realizaron cambios a 48.3 Hz (-3.4% de la frecuencia), 44 Hz (-12% de la frecuencia) y 40 Hz (-20% de la frecuencia). El cambio en las otras variables, tomando como referencia los 50 Hz iniciales, son los siguientes:

- i) El caudal varía en una relación lineal respecto a la frecuencia de operación, tomando como base la frecuencia 50 Hz: a 48.3 Hz la reducción del caudal es -3.4%, a 44 Hz, -12% del caudal, y a 40 Hz, -20% del caudal.
- ii) La presión varía en una relación cuadrática

respecto a la frecuencia de operación, tomando como base 50 Hz: a 48,3 Hz (-6.7% de la presión), a 44 Hz (-22.6%) y a 40 Hz (-36%).

- iii) A su vez, la potencia varía en una relación cúbica respecto a la presión: a 48.3 Hz, (-9.8% de la potencia eléctrica), a 44 Hz (-31.8%) y 40 Hz (-48.8%).

Esto permitió reducir la potencia demandada durante la noche, cuando la presión se incrementa, sin perjudicar el servicio de dotación de agua potable, con la consiguiente reducción del consumo de energía eléctrica en un rango entre 25 y 30% dependiendo de las condiciones de operación del sistema.

2.2.3 Influencia de accesorios en el desempeño energético

Una de las causas de ineficiencia en el uso de la energía está relacionada con las características de las instalaciones de tuberías inmediatamente después de la salida de los pozos, por esta razón, fue importante determinar las pérdidas de carga del sistema de bombeo. Como se sabe, cada accesorio (tuberías, codos, T, llaves de paso, reducciones, etc., ocasionan una pérdida de carga que está en función de las características individuales de cada elemento, entre ellas: tipo de material, diámetro, ángulos, etc.

En la Figura 2.6, se presenta un sistema de bombeo sin variador de frecuencia, con arranque directo del motor de la bomba. Para reducir la presión de salida, el personal encargado de la operación del pozo optó por cerrar parcialmente la válvula de salida, reduciendo también el caudal de salida. Esta operación llevada a cabo por el personal técnico (el cierre parcial de la válvula) estaba justificada pues de no hacerlo habría una sobrepresión en el sistema. Sin embargo, el efecto directo es el incremento de la pérdida de carga.

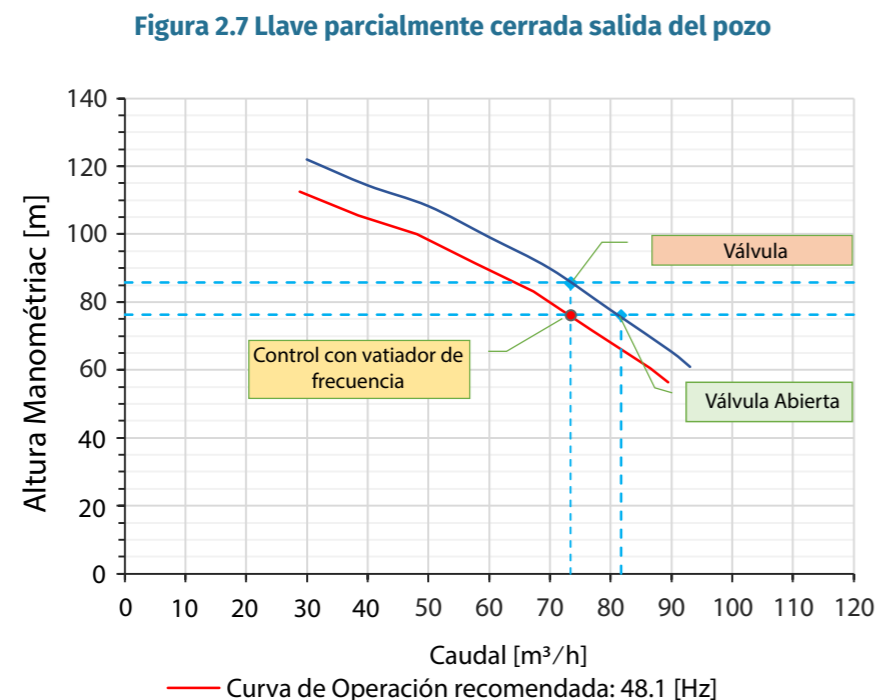
Figura 2.6 Llave parcialmente cerrada salida del pozo



Fuente. CPTS, Auditorías energéticas en cooperativas de agua

En la Figura 2.7, se presenta una gráfica con los puntos de operación del sistema: con la llave totalmente abierta, con la llave parcialmente cerrada (punto de operación regular) y el punto de operación si se tuviera instalado un variador de frecuencia. En este último caso la reducción

de la frecuencia de funcionamiento del motor permitiría estar en el punto de operación deseado, evitando la pérdida de carga en el accesorio, además se reduciría el consumo energético.



Fuente. CPTS. Auditorías energéticas en cooperativas de agua

Las instalaciones de tuberías y sus accesorios pueden ser una importante fuente de pérdidas energéticas, que en algunos casos son inevitables por las características del sistema. Sin embargo, muchos de los pozos tienen instalados accesorios

que pueden ser mejorados y/o que deben ser usados adecuadamente, como es el caso del uso de llaves de paso para reducir la presión o el caudal del sistema.

2.2.4 Mantenimiento de equipos y partes de los sistemas de bombeo

Se ha analizado, dentro de los sistemas de bombeo las pérdidas que ocurren en el bombeo propiamente. Específicamente, se evaluó el rendimiento de la bomba en relación con las especificaciones técnicas de diseño, encontrándose rendimientos mucho menores a los establecidos, considerando incluso la antigüedad de los equipos. El origen del bajo rendimiento encontrado en una de las cooperativas auditadas tenía origen en el

desgaste del material de los rodets de las bombas de una de las fuentes de suministro. Este hecho, se debía a las deficiencias de una toma de agua superficial que dejaba ingresar arena fina, lo cual tenía un efecto de desgaste de los rodets. El daño en los rodets no solo significa una pérdida del rendimiento de la bomba sino también el costo de reposición de los rodets y el tiempo que lleva su sustitución frecuente.

2.2.5 Reducción de pérdidas en distribución

Como se explicó las pérdidas de agua en los sistemas de distribución resultan muy significativas, las pérdidas tienen su origen en las deficiencias que presentan los sistemas de distribución. Principalmente, la falta de instalación de micromedidores en un porcentaje de los consumidores y las fugas en la red de distribución por el deterioro de cañerías, especialmente en el caso de instalaciones antiguas.

Los sistemas de medición juegan un rol muy importante para reducir las pérdidas en la red de distribución, tanto a nivel macro, como a nivel de micromedición. Es común que las EPSA medianas y pequeñas tengan fuertes limitaciones a la hora de realizar la contabilidad del producto, esto es, los balances hídricos, la identificación oportuna de las pérdidas o fugas y su correspondiente reparación. Generalmente se identifican los accidentes de mayor envergadura como son las roturas de cañerías porque son rápidamente detectados y comunicados por los propios usuarios. Sin embargo, no es común la detección de las pequeñas pérdidas que se dan en la red de distribución.

Por su parte, las fugas debido a malas instalaciones o por el deterioro de cañerías se incrementan cuando la red se encuentra con alta presión, que es lo que ocurre durante las horas de la noche y la madrugada cuando las bombas trabajan con la misma potencia, como se explicó anteriormente. Finalmente, contribuyen a estas pérdidas los robos de agua, que ocurren en algunas zonas donde no existe el control correspondiente.

Sin duda, no es posible eliminar totalmente las pérdidas, pero es posible llegar a estándares admisibles. Algunas EPSA, como el caso de Santa Cruz, ha logrado alcanzar niveles de pérdidas muy por debajo de los registrados en los otros casos.

Como se ha puesto en evidencia en el capítulo anterior, las pérdidas de agua en la distribución significan, por una parte, un consumo de energía en un producto (el agua potable) que no será facturado, pero adicionalmente, la pérdida de ingresos para la EPSA, que como se vio, resultan superiores a los pagos por consumo de energía eléctrica.

2.2.6 Caracterización de la demanda

Si bien el promedio de dotación (litros/habitante-día) está regulado y se establece un parámetro óptimo, en muchas de las EPSA la dotación está por encima de ese nivel óptimo definido. En las EPSA de la categoría A se establece un parámetro mayor a 150 L/habitante-día, en los hechos varía entre 90 hasta 236 L/habitante-día. En el caso de la categoría B, el parámetro óptimo es mayor a 100 L/habitante-día, en la mayoría de los casos la dotación reportada está por encima de los 120L/habitante día. Lo propio ocurre en las otras categorías. Debe tomarse en cuenta que estos son los promedios generales. En los hechos, existen familias de bajos ingresos económicos que tienen consumos por debajo de este promedio y otras que tienen consumos excesivos.

más racional del agua producida. Este punto es importante porque no solo es una oportunidad de ahorro de energía en aquellas EPSA con fuentes subterráneas, sino por las limitaciones de las propias fuentes de agua. Ciudades como La Paz, Cochabamba y Tarija, entre otras, tienen fuertes limitaciones en términos de nuevas fuentes de abastecimiento, con costos de inversión cada vez mayores por las distancias que suponen las nuevas aducciones. En otros casos, como Santa Cruz, el problema del abastecimiento tiene carácter más estructural, pues son las zonas de recarga (valles mesotérmicos) los que han reducido su aporte por diferentes razones, entre ellas la deforestación.

En ese contexto, es recomendable realizar estudios que permitan caracterizar el consumo de agua en los hogares y definir cuál es la dotación adecuada por habitante a fin de promover el uso

Resumiendo, las medidas de eficiencia energética están asociadas al funcionamiento de los equipos de bombeo, pero también a la reducción de los niveles de pérdidas y la introducción de medidas destinadas a un uso más racional del agua.

2.2.7 Reducción de consumo energético en oficinas administrativas

Más allá de las oportunidades relacionadas a la parte técnica del bombeo de agua y su posterior distribución, existen también oportunidades de ahorro de energía en las oficinas administrativas. La proporción del consumo de estas oficinas respecto al gasto total en energía es, en casi todos los casos, es muy pequeña, sin embargo, constituyen también una oportunidad de ahorro para las EPSA.

Como parte de las auditorías energéticas realizadas en las cooperativas de agua, se efectuaron mediciones eléctricas y de variables de confort higrotérmico (temperatura y humedad relativa) en las oficinas administrativas de las cooperativas de agua. Relevamiento de equipos de consumo eléctrico e iluminación, además de

centro de datos y talleres de mantenimiento. Esto con el fin de encontrar posibles oportunidades de reducción de consumo energético y otras medidas de eficiencia energética que pueden ser implementadas.

La sustitución de luminarias fluorescentes compactas y de tubos fluorescentes por lámparas LED son una opción para el ahorro de energía, Lo propio ocurre con la sustitución de equipos de aire acondicionado convencionales por equipos con tecnología inverter. Finalmente, las características de la infraestructura de la administración son fuente de pérdidas o ganancias de calor, generalmente la falta de aislamiento o las fugas de calor por ventanales o aberturas en puertas y ventanas.

2.3 Resumen de las experiencias

La Tabla 2.1 presenta la información que resume los datos de base de las seis EPSA que fueron auditadas, con un total de 42 pozos en producción. La tabla muestra el total de producción (agua bombeada), el consumo eléctrico total (pozos + oficinas administrativas), el importe por el consumo eléctrico y emisiones de CO2 equivalente generadas.

La Tabla 2.2, presenta los volúmenes de producción anual de cada una de las EPSA auditada, así como el consumo de electricidad y los consumos específicos globales. Todas las EPSA están en la categoría B. La primera de la tabla es responsable de casi el 50% del volumen total por tratarse de una capital de departamento.

Tabla 2.1 Total para 6 cooperativas diagnosticadas

Descripción	Unidad	Valor
Producción de agua	[m³/año]	35,358,605
Consumo de electricidad	[kWh/año]	11,272,721
Costo por suministro eléctrico	[US\$/año]	770,910
Emisiones de CO2	[tCO2 eq]¹	16,265
Consumo específico de energía promedio	[kJ/L]	1.15
Consumo específico de energía promedio,	[kWh/m³]	0.32
Costo específico total de electricidad	[US\$/kWh]	0.068
Costo específico de bombeo	[US\$/m³]	0.022

Fuente. CPTS. Diagnósticos energéticos

Tabla 2.2 Total para 6 cooperativas diagnosticadas

Cooperativa	Volumen anual (m³/año)	Consumo de electricidad (kWh/año)	Consumo específico (kWh/m³)
EPSA 1	16,013,000	3,812,646	0.24
EPSA 2	1,830,003	640,593	0.35
EPSA 3	7,054,149	2,474,552	0.35
EPSA 4	3,050,414	1,115,095	0.37
EPSA 5	2,888,770	1,168,673	0.40
EPSA 6	4,522,270	2,061,162	0.46
Total	35,358,605	11,272,721	0.32

Fuente, CPTS, Diagnósticos energéticos

En las tablas 2.3 y 2.4 se presenta un resumen de las recomendaciones efectuadas en las cooperativas de agua auditadas. Así como las oportunidades de ahorro de energía, la reducción de los costos y el impacto sobre el medio ambiente. Debe aclararse que se trata de las oportunidades producto de las mediciones y pruebas de campo efectuadas durante la evaluación de varios pozos en producción y están agrupadas en 3 tipos de medidas que muestran en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Oportunidades de ahorro de energía y sus beneficios en EPSA auditadas

Recomendaciones	Reducción de Consumo [kWh/año]	Costo de electricidad [US\$/año]	Reducción de Emisiones [t/año]
1) Recomendaciones para bombeo de agua	884,106	97,887	406
□ Control periódico y reducción de los consumos específicos	178,300	14,783	82
□ Aplicar un programa de manejo de la carga en el horario de punta	0	25,750	0
□ Optimizar el funcionamiento de los variadores de frecuencia en los pozos	341,102	24,962	157
□ Instalar variadores de frecuencia en pozos que no los tienen	250,704	17,924	115
□ Implementar mejoras tecnológicas en toma a nivel superficial	114,000	14,468	52
2) Recomendaciones pérdidas de agua	1,474,227	166,602	678
□ Aplicar un programa de reducción de pérdidas y consumos residenciales excesivos	1,474,227	166,602	678
3) Recomendaciones en Oficinas Administrativas	18,003	2,753	8
□ Incluye: iluminación, reducción de las demandas de climatización y cambio de categoría.	18,303	2753	8

Fuente: CPTS, Auditorías energéticas cooperativas de agua

Tabla 2.4 Inversiones, beneficio económico y retorno simple

Recomendaciones	Inversión [US\$/año]	Ahorro Económico [US\$/año]	PSR [años]
1) Recomendaciones para bombeo de agua	94,500	103,060	0.9
□ Control periódico y reducción de los consumos específicos	25,000	14,783	1.7
□ Aplicar un programa de manejo de la carga en el horario de punta	30,000	25,750	1.2
□ Optimizar el funcionamiento de los variadores de frecuencia en los pozos	0	24,962	0.0
□ Instalar variadores de frecuencia en pozos que no los tienen	13,500	17,924	0.8
□ Implementar mejoras tecnológicas en toma a nivel superficial	26,000	19,641	1.3
2) Recomendaciones pérdidas de agua	285,000	390,569	0.7
□ Aplicar un programa de reducción de pérdidas y consumos residenciales excesivos	285,000	390,569	0.7
3) Recomendaciones en Oficinas Administrativas	17,127	7,999	2.1
□ Incluye: iluminación, reducción de las demandas de climatización y cambio de categoría.	17,127	7,999	2.1
Total	396,627	501,628	0.8

Fuente: CPTS. Auditorías energéticas cooperativas de agua

2.4 Barreras identificadas

En la Tabla 2.5 se presenta un listado de las principales barreras que impiden o limitan la introducción de medidas de eficiencia energética en las entidades encargadas del suministro de agua y saneamiento básico. Los esfuerzos para introducir medidas de EE en Bolivia han estado fuertemente orientados a las empresas industriales y de servicios, y en menor medida en el sector minero, no así en el sector de agua y saneamiento básico. Por esa razón, se puede decir que la principal barrera es el desconocimiento de las oportunidades que se presentan, especialmente en aquellas EPSA cuya principal fuente de abastecimiento es subterránea.

Contribuye también a este desconocimiento el hecho de que el énfasis, en relación con la

temática agua en general, ha estado y sigue enfocado en la conservación y cuidado de las fuentes de agua de manera general, es decir, una visión desde el lado de la oferta del recurso. Esta visión, muy común en Bolivia y otros países, ha orientado los esfuerzos en la búsqueda de nuevas fuentes de agua para la dotación de consumidores asentados en ciudades cada vez más grandes con los consiguientes niveles de inversión cada vez mayores por las distancias para nuevas captaciones, o en la perforación de pozos de mayor profundidad. Este panorama marca el contexto en el que se desenvuelve el sector y sus principales actores.



Tabla 2.5 Principales barreras para la introducción de prácticas de Eficiencia Energética

Barrera	Efecto sobre el sector	Acciones para superarlas
Barreras en la normativa		
La normativa actual no promueve la introducción de medidas de EE	<ul style="list-style-type: none"> EPSAS no están obligadas ni motivadas a introducir medidas de EE. La AAPS no tienen información para evaluar el consumo de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> Modificar la actual norma de evaluación del desempeño de las EPSA.
No hay correspondencia entre energía y pérdidas en la RED y energía y uso racional de agua	<ul style="list-style-type: none"> Mayores gastos en energía. Pérdida de ingresos económicos. Invisibilizan pérdidas económicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Introducir indicadores de desempeño energéticos: <ul style="list-style-type: none"> Consumo específico. Costo específico. Incidencia/costo operativo Incidencia/tarifa final.
Barreras tecnológicas		
Limitada actualización tecnológica (equipos y conocimiento).	<ul style="list-style-type: none"> Bajos rendimientos en el desempeño energético. Percepción limitada a los problemas de carácter hidráulico. 	<ul style="list-style-type: none"> Sensibilización de las gerencias. Talleres de información y actualización técnica. Mejorar la oferta.
Se desconocen beneficios de EE	<ul style="list-style-type: none"> Se pierden oportunidades de mejoras técnicas y económicas 	<ul style="list-style-type: none"> Talleres de información Proyectos demostrativos.
Gestión		
No se cuenta con información oportuna y confiable	<ul style="list-style-type: none"> No se puede realizar un controles y evaluaciones oportunas. Forma de recabar información afecta los costos de operación. 	<ul style="list-style-type: none"> A.T para sistematización de información. Sistemas remotos de adquisición de data.
Recursos Humano		
RRHH con pocas competencias en EE	<ul style="list-style-type: none"> No se optimiza la gestión global de las EPSA y no se aprovechan adecuadamente los recursos tecnológicos disponibles. 	<ul style="list-style-type: none"> Capacitación al personal técnico. Capacitación del personal técnicos en temas de energía en general y de EE en particular.
Políticas		
No hay política de EE en general y menos en el sector agua	<ul style="list-style-type: none"> No existe el instrumento institucional que promueva programa destinados a la introducción de medidas de EE y uso racional de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> Talleres de sensibilización a autoridades Promover la elaboración de política de EE en el sector.
Municipios no se involucran en la temática de EE	<ul style="list-style-type: none"> Descoordinación entre el ámbito municipal y las EPSA. Se pierde una instancia de trabajo, apoyo y financiamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Promover políticas concertadas de EE en el sector.

Fuente. Elaboración propia



Plan de acción para la introducción de medidas de Eficiencia Energética en las EPSA

3.1 Introducción

El Plan de Acción que se presenta a continuación está enfocado principalmente a aquellas EPSA con fuerte incidencia de los costos de energía en sus costos de operación. Sin embargo, las acciones que se proponen son comunes a cualquier EPSA, independientemente del origen de las aguas o de su tamaño. Sin embargo, se ha puesto mayor énfasis en aquellas empresas que pertenecen a las categorías B, C y D, en el entendido que son las que tienen mayores limitaciones en términos de recursos humanos y capacidad técnica especializada, sin que signifique ello la exclusión de las de categoría A.

En la confección del plan se ha evitado hacer una larga lista de acciones específicas, se trata de marcar ejes temáticos o líneas de acción que permitan su aplicación de la manera más efectiva y expedita. Cada eje temático contiene los elementos básicos e indispensables que deben cumplirse para asegurar el cumplimiento del objetivo. La forma de encarar las acciones y los tiempos dependerá de las condiciones específicas de cada EPSA o grupo de estas, para lo cual se deberá planificar dichas actividades una vez aprobado el Plan.

Las experiencias llevadas a cabo en un grupo de empresas, como se mostró en el capítulo anterior, permiten afirmar que las propuestas técnicas, en la mayoría de los casos, son relativamente factibles de aplicar rápidamente y con respuesta inmediata en términos de resultados observables; el principal desafío está

en establecer las condiciones institucionales que permitan su aplicación, es decir, preparar las condiciones del entorno que facilite la aplicación de las acciones técnicas, que son, en última instancia, las que permitirán cumplir las metas propuestas.

3.2 Objetivos

El **objetivo general** o propósito del Plan de Acción es contribuir a mejorar el desempeño general de las Entidades Prestadoras de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado (EPSA) a partir de acciones encaminadas a reducir sus costos operativos y el fortalecimiento institucional. El Plan de Acción, a su vez, otorgará información y herramientas de decisión que permitan a

la autoridad política encargada de diseñar políticas públicas para el sector que encaren la implementación de un eventual programa que promueva la EE en sector.

Se plantean los siguientes objetivos de desarrollo, mismos que siguen una secuencia en su consecución:

Objetivo 1: En el corto plazo: fortalecer la capacidad técnica de las EPSA para mejorar su desempeño energético. El cumplimiento de este objetivo implica trabajar en cuatro ejes temáticos: i) Recursos humanos; ii) Proyectos demostrativos; iii) Instrumentos técnicos; y iv) Indicadores de evaluación.

Objetivo 2: En el mediano plazo, desarrollar las bases para mejorar el sistema de evaluación de las EPSAS a partir de la definición de indicadores que incorporen criterios de eficiencia energética y de uso racional del agua, Para el cumplimiento de este objetivo se definen tres líneas de acción: i) sensibilizar a los principales actores; ii) consensos básicos; iii) instrumentos de regulación.

Objetivo 3: También en el mediano plazo, universalizar la introducción de medidas de EE en las EPSA de las categorías B y C, principalmente. Para alcanzar este objetivo se plantean dos líneas de acción: i) incentivos ambientales y económicos y ii) masificación de la EE, esto es, promover la introducción de medidas de EE y uso racional del agua.

3.3 Ámbitos de trabajo del Plan de Acción

Alcanzar los objetivos planteados anteriormente, con los respectivos ejes temáticos, requiere que se definan los ámbitos o esferas de trabajo, donde concurren los principales actores y contribuyan al cumplimiento de los objetivos según sus roles y competencias, desarrollando las acciones necesarias. El núcleo central del Plan de Acción son las EPSA, y dentro de éstas los recursos humanos con los que cuenta, quienes deben estar provistos de las correspondientes herramientas técnicas y los conocimientos

necesarios para cumplir con cada acción para alcanzar los objetivos propuestos

Por otra parte, se requiere de un entorno propicio que promueva, incentive y regule la aplicación de los ejes temáticos planteados, esto es, actores institucionales comprometidos con los objetivos; el desarrollo de instrumentos normativos adecuados; un instrumento financiero que responda a las necesidades de las EPSA; y la voluntad política que haga posible la ejecución del Plan.

3.3.1 El núcleo del Plan de Acción

El núcleo del Plan está conformado por el personal técnico de las EPSA, incluye personal técnico de campo y el personal de planificación y operaciones. En este núcleo debe concentrarse gran parte del esfuerzo porque de él dependerá el éxito de las acciones que se vayan a implementar. Sin embargo, la participación del gerente y/o del personal del nivel de decisión (directivos) es fundamental para garantizar el cumplimiento de las acciones planificadas. Este es el primer compromiso que debe lograrse.

directivo, dudara de la efectividad de las medidas implementadas.

El núcleo constituye el ámbito operativo de las acciones que se definen implementar. Muchas de las recomendaciones que se han planteado en las auditorías energéticas no han podido ser implementadas adecuadamente porque el personal técnico de las EPSA no tenía las competencias necesarias y no estaba motivado. Aun cuando contaban con los equipos técnicos necesarios no se tenía el conocimiento suficiente para el pleno control de las nuevas tecnologías que deben usarse en las operaciones de extracción de agua de pozos en condiciones de mayor eficiencia. En algunos casos, los equipos destinados a mejorar el desempeño energético (variadores de frecuencia, sensores, medidores en línea, entre otros,) comprados por las propias empresas o provistos por la cooperación internacional, fueron instalados sin la capacitación suficiente y en otros casos estaban mal instalados. Este hecho provocó que el personal técnico e incluso el personal

Para superar esta barrera es necesario fortalecer la capacidad técnica de las EPSA con medidas de capacitación de sus recursos. Se requiere la inducción necesaria sobre los temas y la dotación de los instrumentos de capacitación. Las competencias técnicas necesarias se consiguen a través de acciones que combinen el conocimiento técnico con la práctica, esto es posible en algunas de las medidas de eficiencia energética, en otras requerirán de personal especializado que apoye algunas de las acciones.

En este ámbito es en el que se debe impartir conocimiento y realizar la transferencia de conocimiento y tecnológica necesaria. Se debe lograr las competencias necesarias para el manejo y control de la tecnología a transferirse.

La alta rotación de personal técnico en algunas EPSA, especialmente las pequeñas, o la ausencia de personal capacitado, pueden ser barreras o representar un cuello de botella para la aplicación de las medidas propuestas, por esa razón se deberá pensar en incentivos para el personal a partir de acuerdos con las respectivas EPSA al momento de establecer acuerdos de asistencia técnica y cooperación en el marco del Plan de Acción. De lo contrario, se corre el riesgo de perder al personal entrenado, es decir, perder el núcleo del Plan, como se mencionó anteriormente.

3.3.2 El entorno del Plan de Acción

El entorno está conformado por varios actores, tanto del sector público como del privado. Su rol es el de definir las políticas y las estrategias necesarias para llevar a cabo el Plan, pero es, sobre todo, el ámbito en el cual deben alcanzarse los acuerdos consensuados que darán sentido e impulsarán el desarrollo del Plan de Acción. Los actores de este entorno deben garantizar que existan o se definan los arreglos institucionales necesarios para dirigir el Plan, desarrollarán las condiciones de borde que promuevan e incentiven la ejecución del Plan, tanto a nivel técnico como financiero.

El entorno del plan comprende dos ámbitos de trabajo distintos, pero fuertemente interrelacionados: i) las instituciones que toman decisiones: entidades públicas como el Ministerio

de Medio Ambiente y Agua, el Ministerio de Planificación, el Ministerio de Energías y las entidades regulatorias; y ii) las entidades que brindan apoyo y/o proveen bienes y servicios, los organismos técnicos especializados como IBNORCA e IBMETRO; las instituciones académicas; los entes financieros, entre otros.

Las instituciones del entorno deben construir las condiciones más adecuadas para que el núcleo del Plan (las EPSA y su personal) puedan desarrollar las acciones necesarias. Un primer acuerdo que debe alcanzarse, que es condición necesaria para la ejecución del Plan es establecer claramente los roles y funciones de las instituciones dentro del Plan de Acción, esta tarea le corresponde al Ministerio de Medio Ambiente y Agua como entidad cabeza del sector.

3.4 Ejes temáticos para el cumplimiento del objetivo 1

Las EPSA cuentan con los recursos humanos con las competencias necesarias para mejorar el desempeño energético y con los instrumentos y las herramientas para cumplir las funciones asignadas. Esta es la condición necesaria para implementar acciones de EE y uso racional del agua. La siguiente matriz muestra los ejes de acción y las tareas que deben desarrollarse.

La implementación de los cuatro ejes temáticos propuestos para alcanzar el objetivo 1 es de

corto plazo, aproximadamente 1 año. Se prevé la participación de un grupo relativamente pequeño de EPSA donde se desarrollen todas las acciones previstas. Se trata de obtener un conjunto de experiencias concretas con resultados exitosos y verificables, que sirvan para difundirse en los actores que componen el entorno del Plan de Acción, esto es, las autoridades y tomadores de decisión. Ello ayudará a avanzar en el cumplimiento del siguiente eje temático y posteriormente a replicar este esfuerzo en otras EPSA.



Tabla 3.1 Ejes temáticos del objetivo 1

i) Recursos humanos			
	Temática	Competencia	Participación/recursos
Capacitación: Selección de los temas más importantes, cuyo conocimiento permite medir, controlar y mejorar las operaciones que tiene que ver con la extracción de agua, distribución y el uso de la energía y el cuidado del recurso.	Inducción en la temática de la EE.	Conoce la importancia y utilidad de la EE.	Todo el personal, incluidos gerentes.
	Evaluación del rendimiento de pozos y bombas.	Conoce las medidas, cálculos y procedimientos necesarios para evaluar rendimiento de los componentes de extracción de agua por bombeo: Fuente subterránea o superficial.	Personal técnico en general, personal de mantenimiento,
	Uso de equipos de medición.	Conoce la instalación, selección de variables, lecturas e interpretación de equipos de medición: Medidores eléctricos, sensores de presión, medidores Doppler de caudal, etc.	Equipo de expertos que brinden la AT necesaria,
	Instalación de controladores y accesorios.	Sabe cómo instalar y programar un variador de frecuencia y otros accesorios de regulación.	Técnicos de otras EPSA.
	Toma e interpretación de datos.	Sabe cómo llenar una planilla de datos, transferirlos, sistematizarlos, interpretar resultados y reportarlos.	Personal técnico en general, personal de mantenimiento,
	Caracterización de la demanda.	Conoce cómo diseñar y aplicar una cartilla de encuesta para caracterizar la demanda de agua por los usuarios finales, su interpretación. Sabe cómo se realizan rutinas de consumo de los usuarios finales.	(Se requiere A.T para su aplicación).
ii) Proyectos demostrativos			
	Acciones	Resultados Esperados	Participación
Auditorías energéticas: Se trata de aplicar los conocimientos teóricos que se definen en el punto de capacitación: Primero diagnosticando, luego proponiendo mejoras e implementando medidas,	Recolectar la información de base.	Sistematiza e interpreta la información histórica de la EPSA.	Personal técnico en general, personal de mantenimiento,
	Efectuar las mediciones de campo.	Sabe cómo realizar las mediciones y pruebas de campo, calcula rendimientos, Identifica ineficiencias.	Equipo de expertos que brinden la AT necesaria,
	Reporta resultados.		Técnicos de otras EPSA
	Implementación de medidas.	Propone medidas para eliminar ineficiencias.	Conoce qué cambios introducir para mejorar el rendimiento.
		Conoce qué equipos instalar y cómo instalar para reducir pérdidas y mejorar rendimientos.	Equipo de expertos que brinden la AT necesaria,
		Sabe evaluar y monitorear los cambios introducidos.	Técnicos de otras EPSA
Caracterización de la demanda: Aplicación de metodologías para conocer en qué consume el usuario final y cuál el equipamiento que tiene,	Conocer cómo es el comportamiento del usuario final.	Conoce cómo llevar adelante un estudio de caracterización del consumo por parte de los usuarios finales.	Personal técnico en general, personal de mantenimiento,
	Promover el uso racional del agua.	Sabe evaluar los resultados del estudio de caracterización.	Equipo de expertos que brinden la AT necesaria,
		Propone acciones específicas para reducir el uso excesivo de agua.	Técnicos de otras EPSA

iii) Instrumentos técnicos			
	Acciones	Resultados Esperados	Participación/ recursos
Elaboración de guías técnicas: Se trata de la elaboración de una guía práctica que contenga los elementos más importantes para realizar un diagnóstico energético y aplicar las medidas de EE necesarias. Debe incluir la metodología y los instrumentos para realizar la caracterización del uso final del agua	Sistematización y adecuación de los resultados de la capacitación y del proyecto demostrativo.	Se ha rescatado la experiencia y los resultados alcanzados.	Personal técnico de las EPSA participantes, Asistencia técnica especializada que ayuda en la,
	Diagramación didáctica de la guía.		Diagramadores, imprenta, etc.
	Edición, impresión y difusión.	Se tiene un instrumento técnico de difusión de metodologías, prácticas y resultados alcanzados.	El personal se siente motivado por su contribución intelectual.
Elaboración de video:	Contar con material audiovisual.	Se tiene la capacidad de mayor y mejor difusión.	

iv) Indicadores de evaluación			
	Acciones	Resultados Esperados	Participación/ recursos
Construcción, monitoreo y reporte de indicadores: A partir de los resultados obtenidos en los proyectos demostrativos construir los indicadores que requieren las EPSA.	Evaluación del desempeño energético a partir de indicadores elaborados a partir de las mediciones efectuadas.	Se conoce como construir los indicadores para evaluar el desempeño energético.	Personal técnico de las EPSA participantes,
		Se tiene la capacidad de evaluar el desempeño energético y reportar los resultados.	Asistencia técnica especializada en evaluación de resultados.
Definir el proceso de flujo de información entre el monitoreo y reporte a la autoridad (AAPS).	Sistematización del proceso de reporte. Elaboración de planillas de reporte. Elaboración de Software específico.	Se cuenta con un instrumento automático de elaboración de indicadores y planillas de resultados.	Personal técnico de las EPSA. Especialistas en desarrollo de software.
		Se tiene la posibilidad de transmisión de datos en línea a la AAPS.	Personal especializado de apoyo temporal.

3.5 Ejes temáticos para el cumplimiento del objetivo 2

El sistema de regulación de las EPSA cuenta con un sistema de evaluación que ha incorporado criterios e indicadores de eficiencia energética y uso racional del agua. Esta es la condición necesaria para que el entorno institucional, directamente relacionado con el sector de agua y alcantarillado sanitario, sea favorable a la introducción de medidas de eficiencia energética y uso racional del agua.

Una de las principales barreras que impiden la introducción de medidas de EE en el sector de agua y alcantarillado sanitario es el desconocimiento de las oportunidades que brindan este tipo de medidas. Como se

señaló anteriormente, las acciones de EE han estado focalizadas en el ámbito de actividades industriales y de servicios, principalmente, por esta razón, autoridades del sector y operadores de los sistemas de agua no perciben el impacto negativo que provoca el uso poco eficiente de la energía en los costos de producción. En otros casos, las pocas experiencias que se han llevado a cabo no han tenido el éxito que se esperaba o no han sido debidamente implementadas y evaluadas, desencadenando un descrédito frente a este tipo de medidas.

Este conjunto de situaciones, agravadas por las limitaciones en el abastecimiento de agua en

algunas regiones, ha llevado a que autoridades y tomadores de decisiones opten por soluciones basadas en el incremento de la oferta y la habilitación de nuevas fuentes de agua, lo cual supone mayores inversiones y mayor consumo de energía. La introducción de medidas de EE y uso racional no eliminan la necesidad de habilitar nuevas fuentes de agua, pero puede desplazar

las inversiones y aliviar las presiones sobre los operadores, es decir las EPSA.

En el contexto que se acaba de sintetizar, es necesario implementar acciones dentro de los ejes temáticos propuestos i) sensibilización; ii) consensos básicos; iii) regulación.

Tabla 3.2 Ejes temáticos del objetivo 2

i) Sensibilización			
Acciones	Temática	Resultados esperados	Participación/ recursos
Seminarios, talleres y charlas: Se trata básicamente de superar la barrera del desconocimiento de los beneficios de la introducción de medidas de EE. Al mismo tiempo motiva a otros actores a encontrar soluciones alternativas. La falta de motivación es también una barrera por superar.	Exposición del contexto en el que se desarrollaron los proyectos demostrativos.	Las autoridades y principales actores están informadas y conocen las acciones llevadas a cabo.	Autoridades del mayor nivel posible: Ministerio de Medio Ambiente y Agua, como cabeza del sector; AAPS, como fiscalizador; además de Ministerios de Energía, Planificación del Desarrollo. Gerentes y técnicos de EPSAS. Profesionales, especialistas y empresas de servicio y asistencia técnica. Cooperación internacional. Instituciones financieras, Medios de comunicación.
	Presentación de resultados alcanzados y el impacto sobre la economía de las EPSA participantes.	Las autoridades y principales actores conocen los resultados y beneficios alcanzados.	
	Entrega de material escrito y audiovisual.	La sociedad civil conoce las acciones desarrolladas y los beneficios alcanzados a través de los medios de comunicación.	
	Reuniones con autoridades y gerentes de EPSA.	Las Autoridades y otros actores tiene detalles de los proyectos demostrativos.	
ii) Consensos básicos			
	Temática	Resultados esperados	Participación/ recursos
Liderazgo institucional: Se trata de que el MMAyA, como cabeza del sector, y la AAPS, como ente fiscalizador pongan en su agenda la aplicación del Plan de Acción. El MMAyA debe liderar la ejecución del Plan definiendo la política y la gestión general. Por su parte, la AAPS debe ser el organismo encargado de la parte técnico-operativa.	Presentación del Plan de Acción a detalle a actores clave.	Se conoce las acciones que deben desarrollarse y la importancia de llevarlas a cabo.	Ministerio de Medio Ambiente y Agua, de Energía, Planificación, Autoridad de Regulación, Asociación de empresas del agua, Gobiernos Municipales. Cooperación internacional.
	Explicación de beneficios ambientales, económicos y sociales, además de los alcances políticos.		
	Exposición de las principales barreras institucionales.	Se tiene consciencia de la necesidad de tomar decisiones políticas del más alto nivel.	
Establecer agenda de trabajo: El MMAyA debe promover y lograr consensos con otros actores públicos y privados para la definición de roles y funciones que cumplirán los diferentes actores directamente involucrados.	MMAyA asume la responsabilidad de llevar adelante el Plan de Acción.	Se cuenta con una autoridad designada para la conducción.	Cooperación internacional.
	Se establecen acuerdos y mecanismos de coordinación con los otros actores para la aplicación del Plan.	Se establece un ámbito de coordinación (comisión, comité)	
	Establecer acuerdos de coordinación, apoyo, financiamiento	Un plan de trabajo inicial. Acuerdos básicos con actores. Asignación de recursos financieros	

iii) Regulación y políticas de incentivo			
	Temática	Resultados esperados	Participación/ recursos
<p>Adecuar la normativa actual:</p> <p>Se trata de realizar las modificaciones básicas en la regulación actual para incorporar los conceptos e indicadores de eficiencia energética y uso racional de la energía en los procesos de evaluación del desempeño de las EPSA.</p>	Elaborar proyectos para introducir los cambios necesarios en la normativa actual.	La normativa ha incorporado criterios de racionalidad en el uso de la energía y el uso del agua para la evaluación del desempeño de las EPSA.	AAPS, Gobiernos Municipales, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, EPSA. Instituciones financieras. Cooperación internacional.
<p>Definición de políticas de incentivo:</p> <p>Se trata de crear los instrumentos institucionales necesarios para promover e incentivar la introducción de medidas de uso racional de la energía y del agua en el sector.</p>	Elaboración de mecanismos destinados a promover e incentivar la introducción de medidas para el uso racional de la energía y el agua en el sector.	Se cuenta con mecanismos y los instrumentos necesarios que permiten el financiamiento y la asistencia técnica a EPSA del país,	
Formalización del Plan de Acción	Elaboración de una disposición del más alto nivel posible de cumplimiento obligatorio.	Se cuenta con una Ley o DS que avala y regula la aplicación de medidas de EE y el uso racional del agua en las EPSA reguladas.	Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Asamblea legislativa, El conjunto de actores principales: EPSA, GAM, AAPS.

3.6 Ejes temáticos para el cumplimiento del objetivo 3

Las EPSA han introducido medidas de EE y uso racional del agua como práctica permanente dentro de sus servicios de provisión de agua. Esto es lo que se debe conseguir con el desarrollo de acciones dentro de los dos ejes

temáticos planteados: i) Incentivos ambientales y económicos y ii) Masificación de la EE promover la introducción de medidas de EE y uso racional del agua.

Tabla 3.3 Ejes temáticos del objetivo 3

i) Incentivos ambientales y económicos			
	Actividad	Resultado esperado	Participación/ recursos
<p>Acceso al financiamiento:</p> <p>Se trata de facilitar a las EPSA el acceso a recursos financieros necesarios para la introducción de medidas de EE y uso racional del agua en condiciones preferentes.</p>	Diseño y ejecución de un Mecanismo Financiero para ejecutar programas de EE y uso racional de agua por parte de las EPSA, que reconozca el esfuerzo sobre el M.A y el desplazamiento nuevas inversiones en captaciones de agua.	Las EPSA cuentan con un mecanismo financiero al que pueden acceder en condiciones favorables: Tasas y tiempos.	Bancos privados. Fondos financieros. Cooperación internacional. Ministerio cabeza de sector. AAPS Asociación de EPSA.
<p>Acceso a la Asistencia técnica:</p> <p>Superar limitaciones en RRHH de las EPSA con asistencia técnica especializada que capacite, monitoree y fortalezca su gestión.</p>	Diseñar y establecer mecanismos para brindar asistencia técnica garantizada para la ejecución de medidas de EE y uso racional del agua por parte de las EPSA.	Existe un mercado de oferta de servicios de asistencia técnica al cual pueden recurrir las EPSA.	MMAyA AAPS Bancos privados Fondos financieros Cooperación internacional Asociación de EPSA Empresas de servicios ONG, fundaciones, etc.
<p>Sello verde:</p> <p>Se trata de reconocer y visibilizar el esfuerzo realizado por las EPSA, especialmente frente a la sociedad civil con la cual mantienen una relación estrecha, pero de tensión.</p>	Establecer un mecanismo que visibilice el esfuerzo de las EPSA para ser más eficientes.	Se otorgan sellos verdes a empresas que mejoran sus desempeño energético y ambiental por encima de la norma.	IBNORCA FUNDACIONES ONG Ministerio cabeza de sector.
ii) Masificación de las medidas			
	Actividad	Resultado Esperado	Participación/ recursos
<p>Replicación de experiencias:</p> <p>Se trata de que la mayor cantidad de EPSA introduzcan medidas de EE y uso racional de agua.</p>	<p>Activar los mecanismos de incentivo y financiamiento.</p> <p>Reuniones informativas con EPSA.</p> <p>Promoción de AT y apoyo.</p>	<p>Participación de EPSAS</p> <p>Reducción del consumo de energía.</p> <p>Incremento de ingresos económicos en EPSA</p>	<p>EPSA</p> <p>MMAyA</p> <p>AAPS</p> <p>Instituciones Financieras</p> <p>GAM</p> <p>Asistentes técnicos.</p>



3.7 Medidas comunes de EE aplicables en EPSA

A continuación, se describe de manera general el tipo de medidas de Eficiencia Energética (EE) que deben ser implementadas en las EPSA, que como se ha explicado anteriormente, son comunes a todas, con variantes según las especificidades técnicas.

Algunas de las medidas que se describen no tienen aparentemente una relación directa con el uso de energía eléctrica, como es el caso de

la reducción de los volúmenes no facturados o el uso racional de la energía. Es común que no se tome en cuenta estos temas cuando se habla de eficiencia energética, sin embargo, el consumo excesivo de agua o las fugas deben asociarse directamente con el consumo de energía eléctrica, especialmente en las EPSA con alta incidencia de los sistemas de bombeo en la dotación de agua.

3.7.1 Instalación de variadores de frecuencia y sensores

La instalación de variadores de frecuencia ayuda a regular la frecuencia de funcionamiento de los motores de las bombas, por lo tanto, permiten modular la potencia del motor en función a la presión del sistema y también establecer distintos niveles de control que deben ser programados en función a las características de la demanda. Su instalación, por lo general, no requiere mayores requerimientos que el servicio de la red eléctrica con un adecuado dimensionamiento del sistema de protección eléctrica, resguardo en un tablero eléctrico que permita una adecuada ventilación y protección del polvo y la humedad.

Se requiere la instalación de sensores de presión, los cuales deben estar adecuadamente instalados y a la distancia recomendada por el fabricante, haciendo uso de los cables de extensión blindados a la interferencia electromagnética.

Aunque la instalación y puesta en marcha es factible de ser realizada por el personal técnico de las cooperativas de agua, en su mayoría están a cargo de los proveedores de los equipos. La mayor limitación es que proporcionan muy poca o ninguna documentación detallada para el personal operador.

Las mediciones de presión, caudal, demanda de potencia y consumo de energía, así como su interpretación y análisis, son las principales competencias que debe adquirir el personal técnico. Además, la sistematización de la información adquirida y el cálculo de los principales indicadores de desempeño: consumo específico, potencias máximas y de régimen, etc. son competencias que deben adquirir todo el personal técnico y deben ser reforzados y evaluados frecuentemente.

3.7.2 Evaluación de la eficiencia del sistema de bombeo

La evaluación de la eficiencia de los sistemas de bombeo consiste fundamentalmente en realizar un conjunto de mediciones, entre ellas, presión de trabajo, consumo de energía, caudal de salida, etc., que permitan evaluar el rendimiento del sistema y compararlo con las condiciones teóricas en función a las características del pozo, profundidad, nivel estático y dinámico, etc. La evaluación de los parámetros de funcionamiento de los

sistemas de bombeo debe incluir la identificación de las causas que producen las ineficiencias para poder resolverlas.

Para la evaluación de la eficiencia global del sistema de bombeo, se debe caracterizar cada pozo de forma individual y con las condiciones de operación del pozo y no del diseño inicial. Se debe contar con una metodología y un procedimiento

estandarizado para dicha evaluación, además de los instrumentos y herramientas de medición.

Desarrollar una herramienta para determinar el rendimiento global de un pozo implica trabajo en

campo para la recolección, procesamiento, cálculo y almacenamiento de la determinación. Una de las falencias en la mayoría de las cooperativas de agua es no conocer y registrar el rendimiento de sus pozos de forma programada o periódica.

3.7.3 Caracterización del consumo residencial

La caracterización del consumo de la energía es una herramienta metodológica que permite a las empresas de servicios conocer “en qué”, “cómo”, “cuánto” y “con qué” consumen el agua (o cualquier otro servicio) el usuario final. Consiste en identificar con la mayor precisión posible los patrones y hábitos de consumo de agua de los usuarios de la zona de cobertura y, al mismo tiempo tipificar las características del equipamiento sanitario de los hogares. Su correcta aplicación permite discriminar cuáles son los usos más frecuentes y, por tanto, la distribución de los volúmenes en distintos destinos finales del agua: Uso básico en higiene, cocción de alimentos, alimentación, lavado de ropa, riego, etc., y el tipo de equipos que se usa en estas operaciones. Además de los hábitos de consumo, se puede identificar fugas, pérdidas de agua, malas instalaciones, eficiencia de equipos, etc. El conocimiento de las características del consumo del usuario final es una herramienta para la planificación de los sistemas de distribución, la definición de políticas institucionales para el uso racional de la energía y permite reducir pérdidas en las líneas de distribución.

La caracterización del consumo, es una de las actividades de los ejes temáticos del objetivo 1

3.7.4 Monitoreo remoto y tratamiento de la información

Una de las mayores limitaciones para el monitoreo y evaluación de pozos y otros sistemas de bombeo consiste en el tiempo y las dificultades que conlleva el tener que realizar visitas constantes a pozos y estaciones de bombeo. El tiempo que demanda, especialmente en ciudades con un número grande pozos, generalmente ubicados en la periferia de las ciudades y distantes unos de otros.

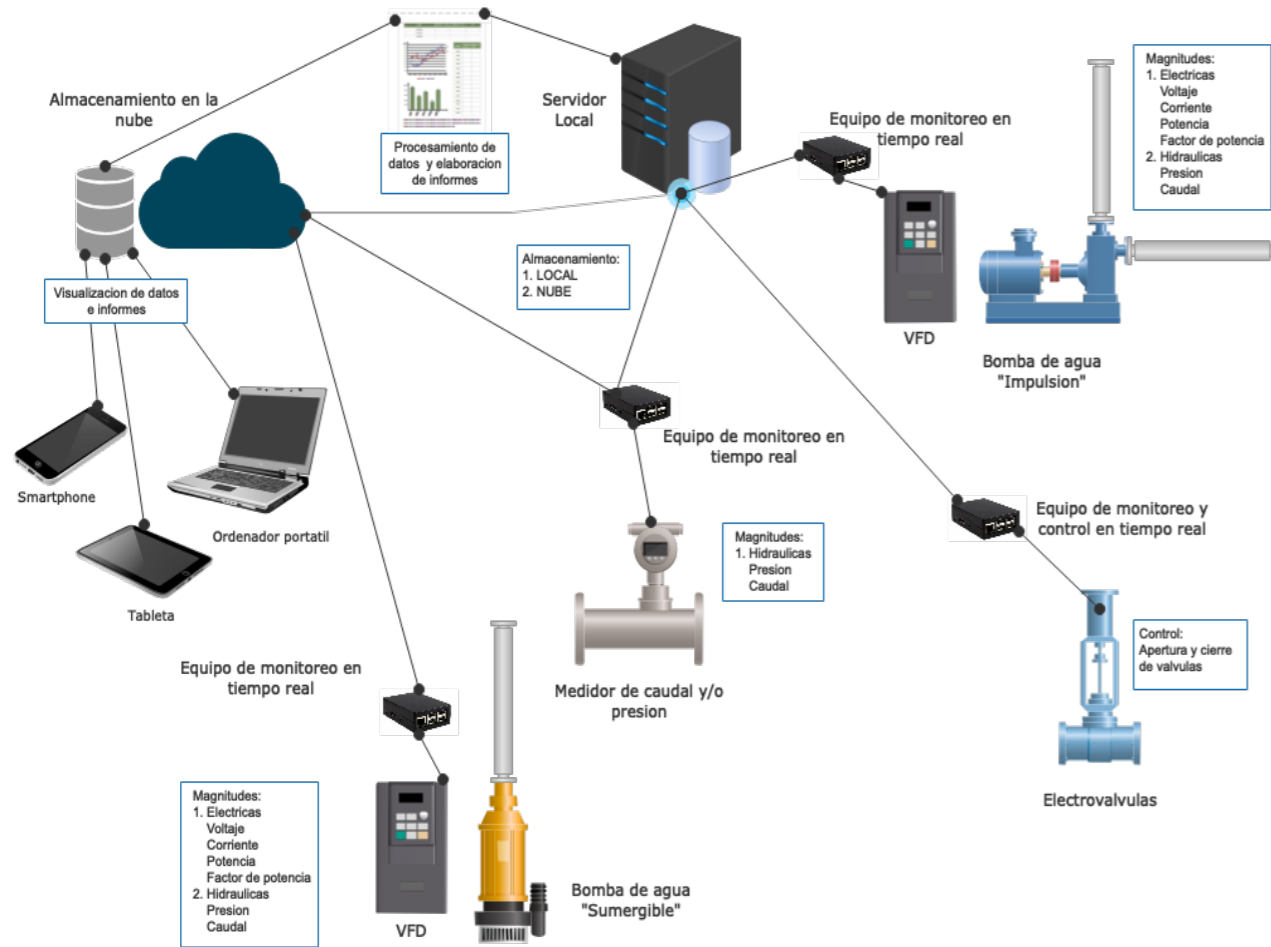
del Plan de Acción y debe realizarse a través de: i) una encuesta a una muestra representativa de los usuarios, clasificados por segmentos o tramos de consumo; ii) la realización de un número determinado de rutinas de consumo para determinar los consumos específicos por tipo de uso; iii) un estudio de caracterización del mercado de equipos de uso final de agua en el comercio local, y; iv) entrevistas a profundidad con trabajadores en plomería de la ciudad,

El resultado de este estudio debiera arrojar lineamientos claros para la definición de políticas de la empresa, planificación del crecimiento, definición de incentivos, campañas de ahorro y fijación de tarifas diferenciadas por tramo de consumo, Constituye una herramienta para las EPSA para promocionar el uso eficiente del agua buscando la máxima satisfacción de los usuarios,

Los resultados de la caracterización del consumo de agua deben ser compartidos con el Gobierno Municipal correspondiente a fin de aplicar medidas conjuntas, incluyendo la planificación de la expansión de la red,

La Figura 3.3, muestra, a modo de información general, un esquema general de monitoreo en tiempo real de un sistema de bombeo.

Figura 3.3 Esquema de funcionamiento de sistema de monitoreo en tiempo real



Fuente. Elaboración propia (Elaborado con software de diagramas - EDRAW).

3.7.5 Balances de agua

Consiste en establecer un sistema de contabilidad del agua que permita conocer los volúmenes extraídos, tratados y distribuidos. Esto requiere de sistemas de macro medición y micro medición que estén debidamente calibrados por la autoridad competente (IBMETRO). Cada EPSA

debe tener un banco de pruebas o, al menos, tener acceso a uno de manera programada.

Los balances de agua permiten establecer con bastante certeza los niveles de pérdidas y fugas en el sistema.

3.8 Principales actores y sus roles

En cada uno de los ejes temáticos descritos anteriormente se incluye a los principales actores y, de manera implícita, están definidos sus roles. La Tabla 3.4 muestra al conjunto de actores más relevantes. Es importante separar a los actores en dos niveles, i) los actores públicos y privados que toman decisiones o influyen en la toma de decisiones, por tanto, constituye el grupo

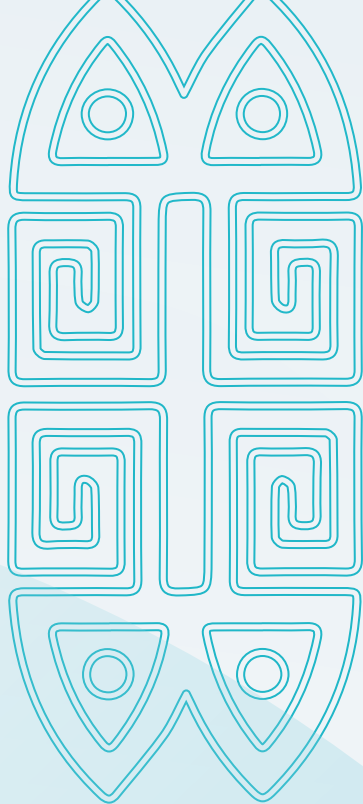
de actores entre los cuales se deben buscar y encontrar consensos. Todos ellos cumplen roles políticos y normativos, pertenecen al ámbito de la regulación o son parte de los operadores; ii) el grupo de actores privados y públicos que participan activamente pero no toman decisiones, los roles que cumplen son más de apoyo, asesoramiento, financiamiento, etc.

Tabla 3.4 Los Actores y sus roles en el plan de Acción

i) Actores tomadores de decisiones y/o con influencia política		
Actor	Rol/función institucional	Rol/función en el Plan de Acción
Ministerio de Medio Ambiente y agua	Autoridad Ambiental Competente Nacional. Competencia exclusiva: formular y aprobar políticas, normas y regulación.	Liderar la ejecución del PA. Definir políticas, normas y disposiciones necesarias para la ejecución del PA. Coordinar con otros actores públicos y privados. Gestionar recursos estatales y de la cooperación.
Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico, SENASBA	Fortalecer la capacidad de gestión de los operadores.	Entidad técnica encargada de llevar adelante la parte operativa del PA por encargo del MMAyA. Planificar la ejecución de proyectos demostrativos. Contratar la A.T. para proyectos demostrativos. Evaluar resultados alcanzados. Promover replicación de medidas de EE y uso racional del agua.
APPS	Fiscalizar, controlar, supervisar y regular las actividades del sector a nivel nacional.	Diseñar y proponer para su aprobación los cambios en los instrumentos de evaluación necesarios.
EPSA/Asociación de empresas	Operar los sistemas de agua en el ámbito del área de concesión.	Planificar e introducir medidas de EE y uso racional del agua. Solicitar A.T. al ente encargado de ejecutar el PA. Evaluar los resultados obtenidos. Informar a la AAPS. Introducir los cambios necesarios en su sistema de evaluación e información. Capacitar al personal técnico.
Gobiernos Autónomos Municipales	Encargada de asegurar la provisión de servicios de agua potable y alcantarillado en el área de su jurisdicción a través de una EPSA (áreas concesionales) o por sí mismo	Coordinar con el MMAyA la ejecución del PA en el área de su competencia. Brindar recursos técnicos y financieros a las EPSA dentro de su jurisdicción. Brindar A.T. a las EPSA que así lo requiera. Gestionar apoyo financiero para apoyar a las EPSA dentro de su jurisdicción.
Ministerio de Hidrocarburos y Energías	Organismo sectorial competente en tema de energía eléctrica.	Coordinar con el MMAyA Brindar apoyo técnico especializado para la ejecución del PA.
Ministerio de Planificación	Organismo sectorial con funciones transversales, vinculación con la cooperación internacional y organismos multilaterales.	En coordinación con el MMAyA gestionar recursos financieros y asistencia técnica del estado y de la cooperación internacional.

ii) Actores públicos y privados de apoyo, asesoramiento y financiamiento		
Actor	Rol/función institucional	Rol/función en el Plan de Acción
IBNORCA e IBMETRO	-Organismos que pertenecen al sistema de acreditación. Diseñan normas técnicas, verifican cumplimiento de parámetros técnicos,	Apoyo técnico en el desarrollo de normas técnica, verificación de calidad de medidores, etc.
Sector financiero	-Organismos Privados y/o mixtos, fuente de posible financiamiento.	Participar del mecanismo de financiamiento para la introducción de medidas de EE y uso racional del agua.
Empresas de A.T especializada.	-Ofertan servicios de diagnóstico, capacitan, asesoran técnicamente.	Participar en licitaciones para A.T. en el marco de la ejecución del PA.
Cooperación internacional, Organismos multilaterales, Fondo Verde.	-Potencial apoyo técnico y financiero.	Coordinar con el MMAyA y el MPD para el apoyo financiero y asistencia técnica especializada.
Universidades e institutos de investigación	-Desarrollo de tecnología.	Coordinar con MMAyA Proponer soluciones tecnológicas.

Fuente: Elaboración propia.



NIRVÁS
IP CONSULT



Implementada por:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

