

# SISTEMA COMERCIAL DE ORGANISMOS DE AGUA POTABLE

Organización y funcionamiento  
para mejorar la calidad del servicio

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA

628.1 Cortez Mejía, Petronilo  
C24 *Sistema comercial de organismos de agua potable: organización y funcionamiento para mejorar la calidad del servicio* / Petronilo Cortez, Arizabeth Sainos, Juan Francisco Gómez, Juan Maldonado, Manuel Rodríguez -- Jiutepec, Mor.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2017.  
125 p.

ISBN 978-607-9368-95-1 (obra digital)

1. Abastecimiento de agua 2. Organismos operadores 3. Organización y administración  
4. Control de calidad

Coordinación editorial:

José Manuel Rodríguez Varela

Gema Alín Martínez Ocampo

Coordinación de Hidráulica

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Diseño y formación:

Gema Alín Martínez Ocampo

Primera edición: 2017

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Paseo Cuauhnáhuac 8532

62550 Progreso, Jiutepec, Morelos

México

[www.imta.gob.mx](http://www.imta.gob.mx)

ISBN 978-607-9368-95-1 (obra digital)

Las opiniones, datos y citas presentados en esta obra son responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de la institución que edita esta publicación.

Prohibida su reproducción parcial o total, por cualquier medio, mecánico, electrónico, de fotocopias, térmico u otros, sin permiso de los editores.

Hecho en México

# **SISTEMA COMERCIAL DE ORGANISMOS DE AGUA POTABLE**

Organización y funcionamiento  
para una mejor calidad del servicio



# Contenido

1.	INTRODUCCIÓN AL SISTEMA COMERCIAL	7
1.1.	Introducción	7
1.2.	Los procesos operacional y comercial para prestar el servicio a los usuarios	9
1.3.	La calidad del servicio y su gestión racional	10
1.4.	El agua renovable per cápita en el mundo	11
1.5.	Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento	13
1.6.	Pérdidas, eficiencias y agua no rentable	14
1.6.1.	Pérdidas y eficiencias	14
1.6.2.	Agua no rentable	16
1.6.3.	Efectos de las pérdidas en la calidad del servicio y en el saneamiento	17
1.7.	El cambio climático y los sistemas de agua potable resilientes	18
1.8.	El derecho humano al agua y al saneamiento	19
1.9.	Los costos del servicio	20
1.10.	Bibliografía	21
2.	ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA COMERCIAL	25
2.1.	Antecedentes	25
2.1.1.	La eficiencia total de los servicios de agua y saneamiento	25
2.1.2.	El abastecimiento de agua en México en su historia	27
2.2.	Sistemas básicos de un organismo de agua	29
2.3.	Subsistemas comerciales	31
2.4.	Funcionamiento y eficiencia del sistema comercial y del operacional	34
2.5.	Organización y desarrollo institucional	36
2.5.1.	Certificación de competencias	36
2.5.2.	Enfoque de gestión de clientes	37
2.5.3.	Organismos intermunicipales	39
2.5.4.	Modernización de áreas comerciales	40
2.6.	Bibliografía	41
3.	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA COMERCIAL Y PLANIFICACIÓN DE SU MEJORA (REDUCCIÓN Y CONTROL DE PÉRDIDAS COMERCIALES)	43
3.1.	Antecedentes de mejores prácticas	43
3.1.1.	Métodos estándar	43
3.1.2.	Entendimiento e impacto de las pérdidas	44
3.1.3.	Priorización de acciones	44
3.1.4.	Sustentabilidad de los programas de reducción	45
3.2.	Balance de agua	46
3.2.1.	Determinación de pérdidas reales por otros métodos	48
3.2.2.	Auditoría y balance de agua	49
3.2.3.	Desglose de pérdidas aparentes (comerciales)	50
3.3.	Indicadores del desempeño	56
3.3.1.	Indicadores IWA	56
3.3.2.	Indicadores de eficiencia	57
3.3.3.	El problema de los indicadores en porcentaje	59
3.4.	Las cuatro acciones básicas de reducción y control de pérdidas	60
3.4.1.	Cuatro acciones de reducción y control de pérdidas físicas	60
3.4.2.	Análisis de componentes de fugas	62
3.4.3.	Cuatro acciones de reducción y control de pérdidas comerciales	65
3.5.	Bibliografía	71
4.	SISTEMA DE INFORMACIÓN COMERCIAL Y SU IMPLEMENTACIÓN	73
4.1.	Introducción	73
4.2.	Determinación de las necesidades de sistemas informáticos	76
4.2.1.	Sistemas de información y niveles de desarrollo de los organismos operadores	76
4.2.2.	Funcionalidad de los sistemas de información	78

4.2.3.	Indicadores clave de rendimiento de los sistemas de información (ICR)	80
4.3.	Módulos básicos del sistema de información comercial	81
4.4.	Bibliografía	82
5.	<b>PADRÓN DE USUARIOS Y SU MANTENIMIENTO</b>	<b>85</b>
5.1.	Problemática de un Padrón de Usuarios	85
5.2.	Departamento de Padrón de Usuarios	86
5.3.	Clasificación de usuarios	87
5.4.	Datos del Padrón	88
5.5.	Eficiencia del Padrón	90
5.6.	Vinculación predio contrato para actualización	93
5.6.1.	Tipos de usuarios no registrados	96
5.7.	Usuarios Potenciales	99
5.8.	Modificaciones al Padrón de Usuarios	102
5.9.	Depuración de registros de la base de datos del padrón de usuarios	104
5.10.	Relevancia de un Padrón de Usuarios actualizado con Otras Áreas	105
5.11.	Mantenimiento y actualización permanente del Padrón de Usuarios	106
5.12.	Atención Múltiple a usuarios	107
5.13.	Bibliografía	111
6.	<b>SISTEMAS DE MEDICIÓN DE CONSUMOS Y SU PLANIFICACIÓN (EFICIENCIA DE MICROMEDICIÓN)</b>	<b>113</b>
6.1.	Introducción	113
6.2.	Planificación del incremento de la cobertura de medición	114
6.2.1.	Casos de instalación y sustitución de medidores	114
6.2.2.	Beneficios generales de la medición	116
6.2.3.	Beneficios por instalación (cuota fija y tomas nuevas) y sustitución por deterioro	117
6.2.4.	Beneficios de sustitución debido a antigüedad y baja de rendimiento de los medidores	119
6.2.5.	Beneficios de sustitución por sub o sobredimensionamiento	126
6.2.6.	Beneficios reubicación de medidor	128
6.2.7.	Beneficios por implementación de nuevos procedimientos y tecnologías para toma de lecturas y notificaciones de cobro	129
6.3.	Capacitación y certificación del personal que toma lecturas de consumo en los aparatos de medición	133
6.4.	Recomendaciones para la selección del medidor domiciliario	136
6.4.1.	Normatividad	137
6.4.2.	Definición de conceptos básicos en la micromedición:	137
6.4.3.	Tipos de medidores de agua según el elemento de medición	139
6.4.4.	Ventajas y desventajas de los diversos tipos de medidores	139
6.4.5.	Criterios para la selección de los medidores	139
6.5.	Bibliografía	143
7.	<b>IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PAGO</b>	<b>145</b>
7.1.	Introducción (cobro y pago)	145
7.2.	Eficiencia de cobro	146
7.2.1.	Frecuencia de facturación	147
7.2.2.	Recomendaciones de política pública para mejorar la recaudación	148
7.3.	Opciones de pago	148
7.4.	Ubicación de puntos de pago	151
7.4.1.	Macro localización y micro localización	151
7.4.2.	Situación geográfica	152
7.5.	Diseño para planificar, presupuestar, implementar y evaluar los sistemas de pago en organismos de agua.	153
7.6.	Bibliografía	155
8.	<b>TARIFAS: FUNCIONES, POLÍTICAS Y ESTUDIOS</b>	<b>157</b>
8.1.	Introducción	157

8.2.	Marco jurídico y normativo	159
8.2.1.	Nivel federal	159
8.2.2.	Nivel estatal y municipal	159
8.3.	Políticas tarifarias	160
8.3.1.	Tarifa y estructura tarifaria	161
8.3.2.	Principios de las políticas de tarifas	161
8.3.3.	Subsidios en las tarifas de agua	162
8.4.	Estructuras tarifarias	165
8.4.1.	Clasificación de las tarifas de acuerdo al volumen de agua consumido	165
8.4.2.	Tarifas en los organismos operadores de agua según su uso	169
8.5.	Integración de tarifas	170
8.6.	Evaluación de la tarifa en la gestión de las demandas	171
8.6.1.	Elasticidad de la demanda	171
8.6.2.	Elasticidad de la oferta	173
8.6.3.	Tarifa vs Precio ¿Cuánto vale el agua?	174
8.6.4.	Tarifa media de equilibrio	174
8.6.5.	Capacidad de pago	175
8.7.	Tarifa y eficiencias de facturación y de recaudación	175
8.7.1.	La tarifa y su relación con los índices de morosidad y cartera vencida	175
8.7.2.	Importancia de la cultura de pago	176
8.7.3.	Variaciones en los costos	176
8.8.	Bibliografía	177
9.	<b>SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA-GESTIÓN Y OPERACIÓN</b>	179
9.1.	Introducción	179
9.2.	Los servicios de agua potable y saneamiento en México y su marco jurídico	182
9.2.1.	Marco Jurídico y normativo	182
9.2.2.	Cobertura institucional y comunitaria de los servicios	184
9.2.3.	Población sin cobertura y satisfacción de sus necesidades de agua y saneamiento	186
9.2.4.	Disgregación de organizaciones prestadoras de los servicios	186
9.3.	Sistemas comunitarios en México y necesidades de consolidación	188
9.3.1.	Organización y funcionamiento	189
9.3.2.	Complementación entre Organismos municipales y estatales, y Sistemas Comunitarios	193
9.3.3.	Otras consideraciones	194
9.4.	Mejores prácticas de gestión comunitaria	194
9.4.1.	Casos nacionales	194
9.4.2.	Casos latinoamericanos	195
9.5.	Bibliografía	199
10.	<b>TEMAS ESPECIALES RELACIONADOS CON LA EFICIENCIA COMERCIAL</b>	203
10.1.	Estudios de demandas	203
10.1.1.	Gestión comercial y operacional de las demandas	206
10.2.	Cambio climático	208
10.2.1.	Sequía	208
10.2.2.	Inundaciones	210
10.2.3.	Medidas en sistemas de agua potable	211
10.3.	Seguridad hídrica	213
10.3.1.	Definiciones de seguridad hídrica	215
10.3.2.	Indicadores e índices para medir la seguridad Hídrica	215
10.3.3.	Índice Global de Seguridad Hídrica	218
10.4.	Bibliografía	232

# Capítulo 1



# INTRODUCCIÓN AL SISTEMA COMERCIAL



## 1.1. Introducción

En los próximos años los problemas del agua pueden contribuir a la inestabilidad de los Estados (países). Escasez, mala calidad del agua e inundaciones, tienen pocas probabilidades por sí solas de resultar en una falla de estado, pero que si se combinan con la pobreza, las tensiones sociales, la degradación ambiental, ineficaz liderazgo y débiles instituciones, pueden generar perturbaciones sociales que las ocasionen.

La Organización de las Naciones Unidas planteó 17 objetivos globales para Desarrollo Sostenible, de los cuales el objetivo 6 es “Garantizar la *disponibilidad* de agua y su *gestión* sostenible y el *saneamiento* para todos”; de este se establece que “La *escasez* de recursos hídricos, la mala *calidad del agua* y el *saneamiento* inadecuado influyen negativamente en la *seguridad* alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La *sequía* afecta a algunos de los países más pobres del mundo, recrudece el hambre y la desnutrición. Para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce” (ONU O. d., 2017).

Adicionalmente el 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos (ONU, 2018).

La gradual disminución del agua renovable per cápita, la contaminación de las fuentes de abastecimiento, la competencia por el uso del agua, el cambio climático manifestado principalmente en sequías e inundaciones, y eventos como los sismos, todos ellos con graves impactos para los sistemas de abastecimiento y los servicios que prestan a la población, ahora con reconocimiento de derechos humano, potenciados por las ineficiencias de los propios organismos de agua, requieren de nuevos enfoques en su organización y funcionamiento, para darles viabilidad técnica, económica, ambiental y financiera. La modernización y eficiencia de sus áreas comerciales son clave para responder a estos retos, prestando servicios mejorados de agua y saneamiento. Con acciones como actualización del padrón de usuarios, actualización del sistema de información comercial (software),

cobertura total de medición de consumos, terminales remotas de lectura e impresión de factura en sitio, cajeros automáticos, capacitación, remodelación de oficinas comerciales, bancarización, et- cétera.

El sistema comercial de los organismos operadores de agua, denominado también áreas comerciales, juegan en éstos un papel de suma importancia para su buen funcionamiento, ya que tienen la misión de recaudar los ingresos por la prestación de sus servicios, para hacer frente a los costos operativos y administrativos. Asimismo a las inversiones para construcción y ampliación de la infraestructura hidráulica para atender la demanda creciente por incremento de la población y por otros usos. Generalmente las inversiones son realizadas con la participación Federal, Estatal y Municipal.

Las viviendas de los medios urbano y rural requieren de servicios básicos para poder ser habitadas, en primer lugar el de agua y saneamiento, y luego el de electricidad. Otro servicio prioritario es el de recolección de desechos sólidos. Todos éstos operados generalmente por empresas públicas, que no tienen por objetivo obtener utilidades. En algunas ciudades se tiene el servicio entubado de gas. Otros servicios adicionales son los de comunicación, como el telefónico, internet, y cable, prestados por empresas privadas.

Ya sean servicios públicos o privados, se requiere la participación de los usuarios para cubrir costos de construcción, operación y mantenimiento de infraestructura, así como para su ampliación, para darle viabilidad a la prestación de los servicios. Así, las empresas integran en su organización áreas comerciales que manejan un padrón de usuarios, con los que conforme a sus consumos periódicos y tarifas autorizadas, se determina un monto a cobrar, el cual es notificado a cada usuario para que mediante los medios dispuestos realicen su pago o aportación. Los organismos operadores buscan que todos sus usuarios o clientes paguen con oportunidad los servicios.

En los servicios de agua y saneamiento como en los de energía eléctrica se tienen pérdidas técnicas, y pérdidas comerciales que incluyen usuarios clandestinos reincidentes. En el caso de usuarios morosos, el servicio eléctrico tiene la ventaja de que se suspende sin mayor problema si no se cubre a tiempo, al igual que los servicios de comunicación (telefonía y televisión por cable).

En los servicios de agua y saneamiento las pérdidas técnicas se denominan pérdidas físicas, las cuales consisten básicamente en fugas en tuberías, en cajas de válvulas y en conexiones domiciliarias, así como derrames en tanques de almacenamiento. Asimismo, se tienen las pérdidas comerciales que se pueden disgregar en pérdidas de facturación y pérdidas de recaudación. Entre las primeras se encuentran los usuarios no registrados y usuarios clandestinos, así como pérdidas por errores de medición de consumos y de estimación de consumos en predios sin medidor. En las de recaudación se tienen los usuarios morosos y usuarios en cartera vencida. Los organismos de agua,

mediante las áreas operacionales, realizan acciones para reducir y controlar sus pérdidas físicas, y mediante sus áreas comerciales para reducir y controlar sus pérdidas comerciales.

Las pérdidas físicas y comerciales afectan la calidad del servicio, pero también al medio ambiente, ya que aunque en la mayoría de las ciudades se cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales, la falta de recursos suficientes ocasiona que muchas de éstas no operen, y por tanto las aguas residuales se descargan crudas a los cuerpos de agua. Por esto, de la organización, modernización y buen funcionamiento de las empresas de agua, depende en gran parte el contar con servicios de agua y saneamiento de calidad, con beneficios sociales y ambientales.

El servicio de agua potable se considera de calidad, si se suministra en cantidad suficiente, con la calidad del líquido conforme a la norma oficial mexicana respectiva, de manera continua las 24 horas del día, de forma confiable y a un costo adecuado. Dentro de los organismos de agua que cumplen estas condiciones de servicio se encuentran los más eficientes. Es un reto que depende no sólo de los organismos operadores, sino también de la participación de los usuarios-clientes mediante sus aportaciones.

Organizacional e institucionalmente las empresas de agua son sensibles a la alta rotación del personal, que se da con cada cambio de administración municipal. También a la cantidad del personal para llevar a cabo las actividades operativas, comerciales, administrativas y demás, que se valora en función de las conexiones domiciliarias que atienden. La nómina junto con el pago de energía eléctrica, son los factores que más inciden en los costos de producción y del servicio.

El funcionamiento de los organismos de agua se ve afectado por los aspectos organizacionales anteriores, pero también por la eficiencia con la que las áreas constituidas realizan sus funciones, entre estas: la eficiencia física, eficiencia comercial, y eficiencia del padrón de usuarios. Asimismo por las tarifas autorizadas para el cobro de los servicios, con políticas relacionadas con la eficiencia económica y la eficiencia financiera.

## 1.2. Los procesos operacional y comercial para prestar el servicio a los usuarios

El sistema operacional de una institución de agua potable y alcantarillado comprende el conjunto de actividades y recursos empleados para el estudio y elaboración de diseños, construcción de sistemas, operación y mantenimiento de los equipos e instalaciones que componen la captación, tratamiento y distribución o recolección de agua potable y alcantarillado (Cavalcanti Coelho,

1985). Asimismo generar información sobre la infraestructura, como su estado, suficiencia, costos de operación y mantenimiento, y otros.

El Sistema Comercial tiene los objetivos de promover la expansión y el mantenimiento del mercado consumidor para poder proporcionar el máximo de servicios al mayor número posible de usuarios; registrar los consumidores que constituyen el mercado de servicios de la empresa, tanto los consumidores reales, para poder cobrarles los servicios, como los factibles y potenciales para realizar las funciones de planificación y comercialización que permitan cumplir las metas de cobertura previstas; controlar la utilización racional de los servicios de abastecimiento de agua y alcantarillado a fin de distribuirlos equitativamente al mayor número posible de usuarios; establecer para cada consumidor una cuenta que permita registrar el valor de los servicios prestados, cobrar este valor periódicamente y registrar y controlar los pagos efectuados (Gónima, 2015).

El Sistema Comercial de un organismo operador de agua potable se integra por cuatro subsistemas básicos: Comercialización de los Servicios, Padrón de Usuarios, Medición de Consumos, y Facturación y Cobranza, aunque no necesariamente con estas denominaciones y estructura, pues dependerá de factores como el tamaño, tipo de organismo, legislación aplicable, y su desarrollo institucional.

### 1.3. La calidad del servicio y su gestión racional

La gestión racional de los servicios de agua potable conlleva la satisfacción de requerimientos de: cantidad, calidad, continuidad, confiabilidad, y costo. Pero cuando las operaciones del servicio no se tienen bajo control, los volúmenes abastecidos se vuelven insuficientes para satisfacer las demandas de los usuarios. Esto debido principalmente a pérdidas por fugas y por consumos no autorizados, cuya magnitud se desconoce, siendo común que se planteé como solución el buscar nuevas fuentes de abastecimiento para incrementar la producción, en detrimento de los costos.

En tanto, el “déficit de agua” obliga a los responsables del servicio a efectuar operaciones complicadas en válvulas para dar este servicio por sectores de manera turnada, afectando no sólo la calidad del servicio al no dar satisfacción al requerimiento de continuidad y al de calidad del agua por riesgo de contaminación al faltar presión, sino también a las tuberías mismas al someterlas a sobreesfuerzos generados por su frecuente llenado y vaciado. Afecta también la medición de consumos y las instalaciones hidráulicas intra domiciliarias.

De manera resumida los principales síntomas que presentan las empresas de agua con altos niveles de pérdidas de agua, contrarios a los cinco requerimientos arriba indicados para satisfacer una

gestión racional del servicio, son los siguientes: El agua no alcanza, agua de dudosa calidad, servicio intermitente (tandeado), consumos fuera de control, y nuevas obras de captación con aumento de costos.

## 1.4. El agua renovable per cápita en el mundo

En la Figura 1.1 se indica gráficamente el agua renovable per cápita al año 2013 en todo el mundo. La de México varía de 2,500 a 7,500 m<sup>3</sup>/habitante/año. Es la más baja de América, a excepción de El Salvador, Jamaica y Cuba. En la Tabla 1.1 se muestra el agua renovable per cápita de cada una de las entidades federativas de México con datos actualizados al 2015, así como su aportación al PIB nacional 2014. Chiapas con el mayor valor de agua renovable per cápita tiene una aportación al PIB nacional de 1.79 %. La ciudad de México con el menor valor de agua renovable presenta con mucho la mayor aportación al PIB nacional de 16.5%. El estado de México con el segundo menor valor de agua renovable presenta el segundo mayor valor de aportación al PIB nacional de 9.3%. El estado de Nuevo León, también uno de los menores valores de agua renovable presenta el tercer mayor valor de aportación al PIB nacional de 7.29%.

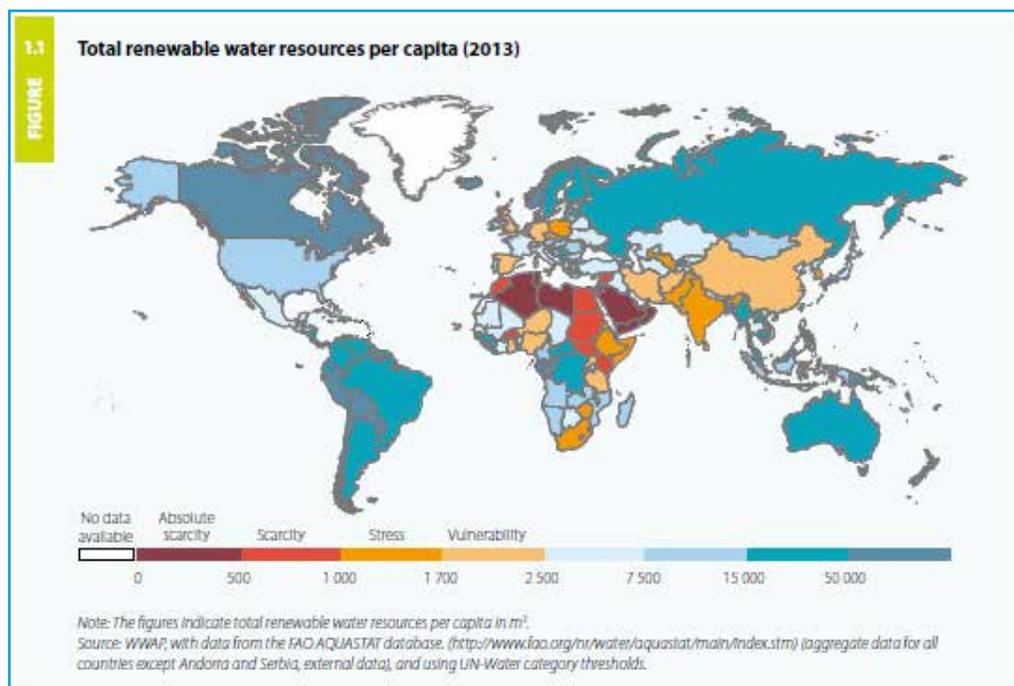


Figura 1.1. Agua renovable en México y el mundo. Fuente: (UNESCO, 2015).

Tabla I.I. Datos geográficos y socioeconómicos por entidad federativa. Fuente (CONAGUA, 2016).

Entidad federativa	Superficie continental (km <sup>2</sup> )	Agua renovable 2015 (hm <sup>3</sup> /año)	Población a mediados de 2015 (millones de hab.)	Agua renovable per cápita 2015 (m <sup>3</sup> /hab./año)	Aportación al PIB nacional 2014 (%)
Aguascalientes	5618	514	1.29	399	1.21
Baja California	71446	2989	3.48	858	2.79
Baja California Sur	73922	1264	0.76	1 654	0.74
Campeche	57924	14274	0.91	15723	4.24
Coahuila de Zaragoza	151563	3151	2.96	1064	3.4
Colima	5625	2136	0.72	2952	0.6
Chiapas	73289	112929	5.25	21499	1.79
Chihuahua	247455	11888	3.71	3204	2.84
Ciudad de México	1486	478	8.85	54	16.52
Durango	123451	13370	1.76	7576	1.23
Guanajuato	30608	3856	5.82	663	4.18
Guerrero	63621	21097	3.57	5913	1.51
Hidalgo	20846	7256	2.88	2521	1.7
Jalisco	78599	15654	7.93	1974	6.54
México	22357	5190	16.87	308	9.3
Michoacán	58643	12547	4.6	2730	2.43
Morelos	4893	1797	1.92	936	1.16
Nayarit	27815	6392	1.22	5223	0.67
Nuevo León	64220	4285	5.09	843	7.29
Oaxaca	93793	55362	4.01	13798	1.61
Puebla	34290	11478	6.19	1853	3.16
Querétaro	11684	2032	2.00	1014	2.17
Quintana Roo	42361	7993	1.57	5076	1.62
San Luis Potosí	60983	10597	2.75	3848	1.92
Sinaloa	57377	8682	2.98	2909	2.09
Sonora	179503	7018	2.93	2393	2.91
Tabasco	24738	31040	2.38	13021	3.14
Tamaulipas	80175	8928	3.54	2520	3.04
Tlaxcala	3991	908	1.28	711	0.56
Veracruz	71820	50880	8.05	6323	5.09
Yucatán	39612	6924	2.12	3268	1.52
Zacatecas	75539	3868	1.58	2454	1.02
Total	1959248	446777	121.01	3 692	100

El porcentaje que representa el agua utilizada para usos consuntivos respecto a la disponibilidad total es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico en un país, cuenca o región. Se considera que si el porcentaje es mayor al 40%, se ejerce una fuerte presión sobre el recurso. México en su conjunto experimenta un grado de presión del 17%, lo cual se considera de nivel moderado; sin embargo, la zona centro, norte y noroeste del país experimenta un grado de presión del 47%, lo cual se considera como presión fuerte sobre el recurso. Ver Figura 1.2.

## 1.5. Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento

Relacionado con el apartado anterior, el abastecimiento a las ciudades requiere de la captación de fuentes cada vez más lejanas y más profundas, con agua generalmente de menor calidad, que implica procesos más costosos de potabilización. La otra opción es recuperar pérdidas de agua, o una combinación. La calidad del recurso hídrico es muy importante para la vida humana y ecológica, así como para el desarrollo económico. Su evaluación busca identificar su deterioro, las causas y ubicación geográfica, para detenerlo y establecer estrategias de mejora.

Los valores de calidad en las fuentes de abastecimiento son consecuencia de la demanda (principalmente en las aguas subterráneas), de las aguas usadas (municipales, industriales, agrícolas, pecuarias, y otras), de su recolección, de la eficiencia de su tratamiento, en su caso, y de la capacidad



Figura 1.2. Grado de presión por RHA 2015. Fuente: (CONAGUA, 2017-4).

misma de autodepuración de los cuerpos de agua en que se descarguen. Ver en Figura 1.3 la ubicación de estaciones de monitoreo de calidad del agua en la República Mexicana, de fuentes superficiales y subterráneas, en las que se mide demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), y sólidos disueltos totales (SDT) en pozos. Se muestran resultados 2016 de DBO5. Fuerte contaminación en estaciones de Puebla, Veracruz, estado de México, Guanajuato, y Querétaro.

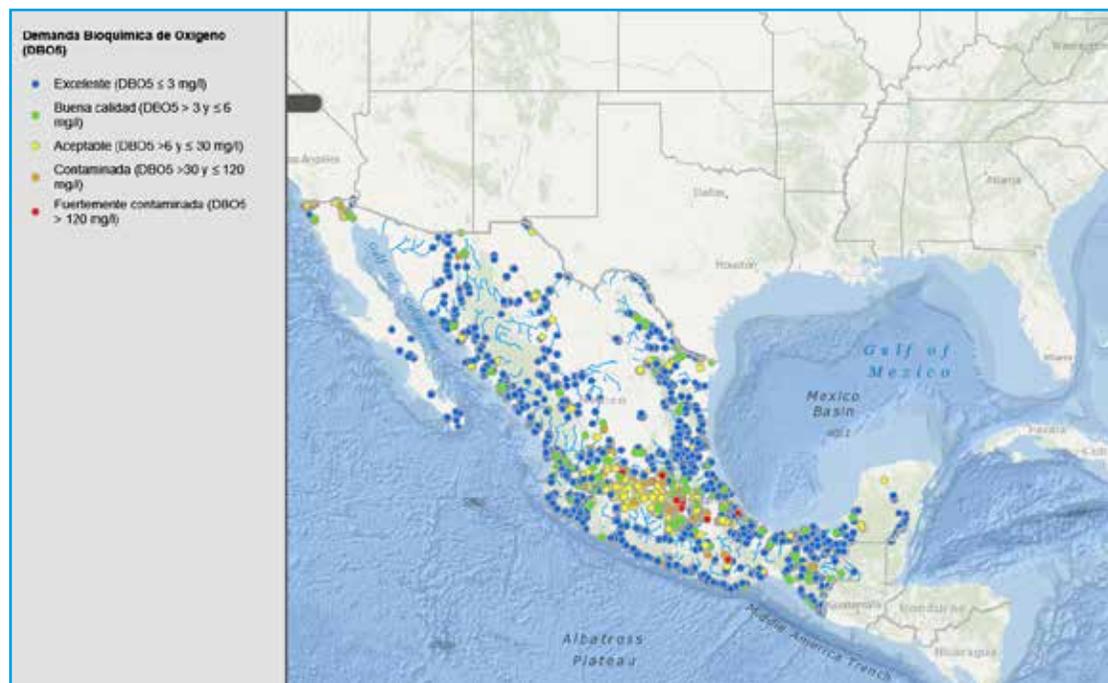


Figura 1.3. Ubicación de estaciones de monitoreo de calidad del agua y resultados 2016 de DBO5 2016. Color azul: excelente; rojo: fuertemente contaminada (estaciones en Puebla, Veracruz, estado de México, Guanajuato, Querétaro). Fuente: (CONAGUA, 2017.2).

## 1.6. Pérdidas, eficiencias y agua no rentable

### 1.6.1. Pérdidas y eficiencias

En la Figura 1.4 se muestra un esquema de las operaciones de abastecimiento, operacionales y comerciales, y cómo los volúmenes de agua van disminuyendo debido a las pérdidas de agua en cada una de ellas. Las pérdidas asociadas a los procesos operacionales son conocidas como pérdidas físicas, y más recientemente como pérdidas reales. Las asociadas a los comerciales como pérdidas comerciales, y como pérdidas aparentes.

Dentro de las pérdidas comerciales se encuentran las pérdidas de facturación debido a las conexiones clandestinas de agua potable, la submedición de consumos, y errores de estimación de consumos en tomas de cuota fija; pero dentro de estas también puede haber otras como los errores de lectura en los aparatos de medición, lecturas inventadas, errores en la descarga de datos en el sistema informático comercial, errores de procesamiento y otros. Asimismo pueden existir, además de problemas de pago, problemas de cobro, cuando los organismos no hacen las notificaciones de forma regular para informar a los usuarios sus consumos periódicos, los montos respectivos y demás información, para que los cubran mediante alguna de las opciones dispuestas por los organismos.

También dentro de las pérdidas comerciales se incluyen las de recaudación, como es la cartera vencida y las de usuarios morosos. Sin embargo puede haber otro tipo de pérdidas, como puede ser el manejo discrecional, sin control, y sin justificación, de descuentos a usuarios de bajos recursos, en los que se incluyan a otros usuarios.

Como se verá más adelante, es muy difícil separar con exactitud las pérdidas físicas de las comerciales, y generalmente causa polémica entre las áreas responsables de estos dos sistemas. En parte por esa razón, existe otro concepto de pérdidas físicas que abarca hasta la facturación, es decir se incluye las pérdidas de facturación, a lo que se denomina también Agua No Contabilizada (ANC), aunque un tanto en desuso.

En la Figura 1.4 se ilustran las eficiencias, asociadas a las pérdidas descritas. La eficiencia física, la eficiencia comercial, y la eficiencia global. Como se explica en el Capítulo 3, existen dos versiones de eficiencia física y de eficiencia comercial.

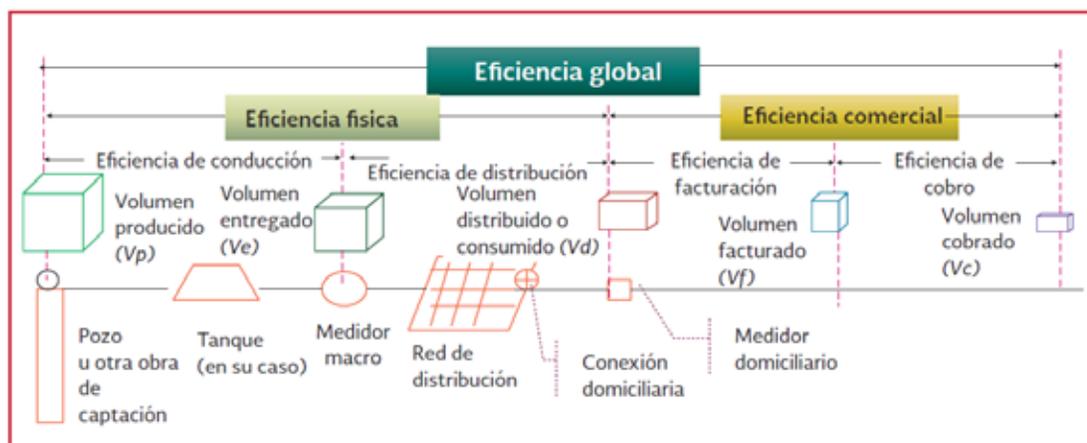


Figura 1.4. Pérdidas físicas y comerciales, y eficiencia física y comercial.

## 1.6.2. Agua no rentable

El concepto de Agua No Rentable (ANR) es parte del método propuesto por la International Water Association (IWA) para la definición y cálculo del balance de agua. El ANR está integrada por las pérdidas reales (fugas y derrames) y las pérdidas aparentes (consumo no autorizado e inexactitudes de medición), pero además por el consumo autorizado no cobrado, como podrían ser escuelas y otros edificios públicos (Lambert, 2002). Como se observa en la Figura 1.5, el concepto de ANR abarca hasta la facturación, por lo que es equivalente al ANC.

De acuerdo con estimaciones globales del Banco Mundial en los países en desarrollo el nivel de agua no rentable (ANR) es del 35%, de los cuales el 60% se deben a pérdidas físicas y el 40% a pérdidas comerciales (Kingdom, 2006). Es probable que el nivel medio de ANR en México coincida con el 35% indicado, considerando que en muchas ciudades ese nivel sea menor, y en otras sea mayor. Ver Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Estimación de volúmenes de agua no rentable (ANR) en el mundo. Fuente (Kingdom, 2006).

	Población abastecida (millones, 2002)	Volumen de entrada al sistema (l/hab/día)	Nivel de ANR (% de entrada al sistema)	Estimaciones de Agua No Rentable (ANR)				
				Relación		Volumen (Miles de millones m <sup>3</sup> /año)		
				Pérdidas físicas (%)	Pérdidas comerciales (%)	Pérdidas físicas	Pérdidas comerciales	Total ANR
Países desarrollados	744.8	300	15	80	20	9.8	2.4	12.2
Eurasia (CIS)	178.0	500	30	70	30	6.8	2.9	9.7
Países en desarrollo	837.2a	250b	35	60	40	16.1	10.6	26.7
				Totales		32.7	15.9	48.6

Fuentes: WHO (OMS) y estimaciones de los autores.

- a) Basado en la población total con acceso a agua segura de 1,902.7 millones de habitantes, con 44% de estas recibiendo servicio mediante conexiones domiciliarias individuales.
- b) Refleja una amplia discrepancia de cantidad en los países en vías de desarrollo, desde 100 L/hab/día en algunos organismos de países más pobres o aquellos con severas escasez de agua, a más de 400 L/hab/día en mega ciudades de latino América y Asia del Este. Se usa en este cálculo un promedio conservador.

En valores absolutos, las pérdidas físicas en los países en desarrollo son de 16.1 miles de millones de m<sup>3</sup> anuales, mientras que las comerciales de 10.6 miles de millones de m<sup>3</sup> anuales, para un total de 26.7 miles de millones de m<sup>3</sup> anuales, con los costos que estos significa, de 3.20 miles de millones de US\$/año, 2.60 miles de millones de US\$/año y 5.8 miles de millones de US\$/año respectivamente. El costo anual estimado de los volúmenes de pérdidas es enorme, como se muestra Tabla 1.3.

Tabla 1.3. Valor estimado de ANR y sus componentes. Fuente (Kingdom, 2006).

			Valores estimados, miles de millones de US\$/año		
	Costo marginal del agua (US\$/m <sup>3</sup> )	Tarifa promedio (US\$/m <sup>3</sup> )	Costo de pérdidas físicas	Pérdidas de ingresos por pérdidas comerciales	Costo total de ANR
Países desarrollados	0.30	1.00	2.90	2.40	5.30
Eurasia (CIS)	0.30	0.50	2.00	1.50	3.50
Países en desarrollo	0.20	0.25	3.20	2.60	5.80
		TOTAL	8.10	6.50	14.60

Las pérdidas físicas se valoraron al costo marginal del agua, y las pérdidas comerciales fueron utilizando la tarifa promedio. Para los países en desarrollo, US\$ 0.20 y \$ US0.25, respectivamente. Este cálculo sugiere que las empresas de agua pierden más de US \$ 14 mil millones cada año en todo el mundo, y más de un tercio en las empresas de los países en desarrollo. Aunque la hipótesis detrás de estos cálculos podría modificarse, la escala de el problema es obvio y no puede ser ignorado (Kingdom, 2006).

### 1.6.3. Efectos de las pérdidas en la calidad del servicio y en el saneamiento

Ya se explicó en la sección 1.3 (La calidad del servicio y su gestión racional) que las empresas de agua con altos niveles de pérdidas de agua, tienen complicaciones técnico y económicas para satisfacer los requerimientos una gestión racional del servicio, con síntomas de: El agua no alcanza, agua de dudosa calidad, servicio intermitente (tandeado), consumos fuera de control, y nuevas obras de captación con aumento de costos.

Cuando el servicio es tandeado hay mayor incidencia de rupturas en tuberías como resultado de los cambios de presión que se generan al abrir y cerrar válvulas diariamente, incrementando las pérdidas de agua y el mantenimiento. En Nueva Delhi, que contaba con este tipo de servicio, el número de fugas en tuberías era 21 veces más alto que el de sistemas bien operados y con servicio continuo de Asia. Esto sin contar que el servicio intermitente requiere de más personal para estar maniobrando las válvulas (Yepes, G., et al, 2000).

Respecto a la recolección y tratamiento de aguas residuales, puede suceder que no habiendo recursos suficientes, ya que las pérdidas físicas ocasionan altos costos de operación, y la comercial



falta de ingresos, las plantas de tratamiento dejen de operar, que es común encontrarlo en varias ciudades de México.

La ONU informa que el 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (UNESCO, 2017) (ONU, 2018). Al respecto el *ciclo integral del agua*, en este caso de uso público urbano, según (Daza, 2008) consiste en cumplir el ciclo hidrológico tal como se da en la naturaleza, manteniendo la circulación del agua mediante su uso y devolución al medio en las mejores condiciones de calidad posibles, con el fin de que pueda seguir siendo utilizada. Sin embargo se tienen impactos de la explotación y la degradación de calidad del agua en la naturaleza, como se describe también en 1.5 (Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento).

## 1.7. El cambio climático y los sistemas de agua potable resilientes

La ONU informa que el 90% de los desastres naturales están relacionados con el agua (UNISDR) (ONU, 2018). El cambio climático y sus impactos se han agregado a la problemática que enfrentan los organismos de agua potable para cumplir con su misión de prestar servicios de agua potable y saneamiento mejorados. Uno de los factores principales de resiliencia en los organismos de agua potable es su eficiencia física y comercial, como coincide en señalar la literatura técnica. Por eso la importancia de lograr que los organismos de agua potable alcancen niveles altos de estos indicadores de desempeño.

Por ejemplo la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), proporciona una “*Guía con estrategias de adaptación al cambio climático para sistemas de agua potable*” (EPA, 2018), que incluye el apartado *Gestión de la Demanda de Agua*, en el que se indica que la gestión de la demanda engloba tanto la eficiencia del agua, como prácticas de conservación, que pueden ocurrir del lado del suministro (eficiencia de entrega por parte del organismo de agua al cliente) como de la demanda (acciones del cliente para reducir la cantidad de agua usada en casas y comercios). Se indica que a medida que el clima continúe cambiando, la eficiencia del agua y la conservación serán cada vez más integrales para la efectiva gestión, adaptación y mitigación.

Entre los beneficios que mencionan de la gestión de la demanda de agua están los siguientes (EPA, 2018):

- Aumenta la flexibilidad operativa y la resiliencia del servicio
- Ahorro de costos y oportunidad de reinvertir
- Inversiones de capital diferidas y evitadas
- Mantener los beneficios ambientales de los recursos hídricos

- Disminuir la huella de carbono
- Mejorar la imagen pública

## 1.8. El derecho humano al agua y al saneamiento

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos (ONU, 2018).

Los organismos operadores de agua potable y saneamiento deben considerar en sus servicios, los alcances del derecho humano al agua y al saneamiento, que conforme a la ONU “El derecho humano al agua es indispensable para una vida humana digna”. Define el derecho al agua como el derecho de cada uno a disponer de agua suficiente, saludable, aceptable, físicamente accesible y asequible para su uso personal y doméstico. La descripción y alcance de estos conceptos, según la misma fuente, es la siguiente (ONU-Agua, 2018):

*Suficiente:* El abastecimiento de agua por persona debe ser suficiente y continuo para el uso personal y doméstico. Estos usos incluyen de forma general el agua de beber, el saneamiento personal, el agua para realizar la colada, la preparación de alimentos, la limpieza del hogar y la higiene personal. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona y día para garantizar que se cubren las necesidades más básicas y surgen pocas preocupaciones en materia de salud.

*Saludable:* El agua necesaria, tanto para el uso personal como doméstico, debe ser saludable; es decir, libre de microorganismos, sustancias químicas y peligros radiológicos que constituyan una amenaza para la salud humana.

*Aceptable:* El agua ha de presentar un color, olor y sabor aceptables para ambos usos, personal y doméstico. [...] Todas las instalaciones y servicios de agua deben ser culturalmente apropiados y sensibles al género, al ciclo de la vida y a las exigencias de privacidad.

*Físicamente accesible:* Todo el mundo tiene derecho a unos servicios de agua y saneamiento accesibles físicamente dentro o situados en la inmediata cercanía del hogar, de las instituciones aca-

démicas, en el lugar de trabajo o las instituciones de salud. De acuerdo con la OMS, la fuente de agua debe encontrarse a menos de 1.000 metros del hogar y el tiempo de desplazamiento para la recogida no debería superar los 30 minutos.

*Asequible:* El agua y los servicios e instalaciones de acceso al agua deben ser asequibles para todos. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sugiere que el costo del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar.

## 1.9. Los costos del servicio

El costo de producción de agua potable es importante para evaluar la eficacia y eficiencia de un sistema de distribución. Además con el costo de producción es posible medir el grado de desarrollo de un sistema urbano de agua potable. Se pueden realizar comparativas entre sistemas para detectar campos de oportunidades para incrementar la eficiencia (Ochoa, 2003).

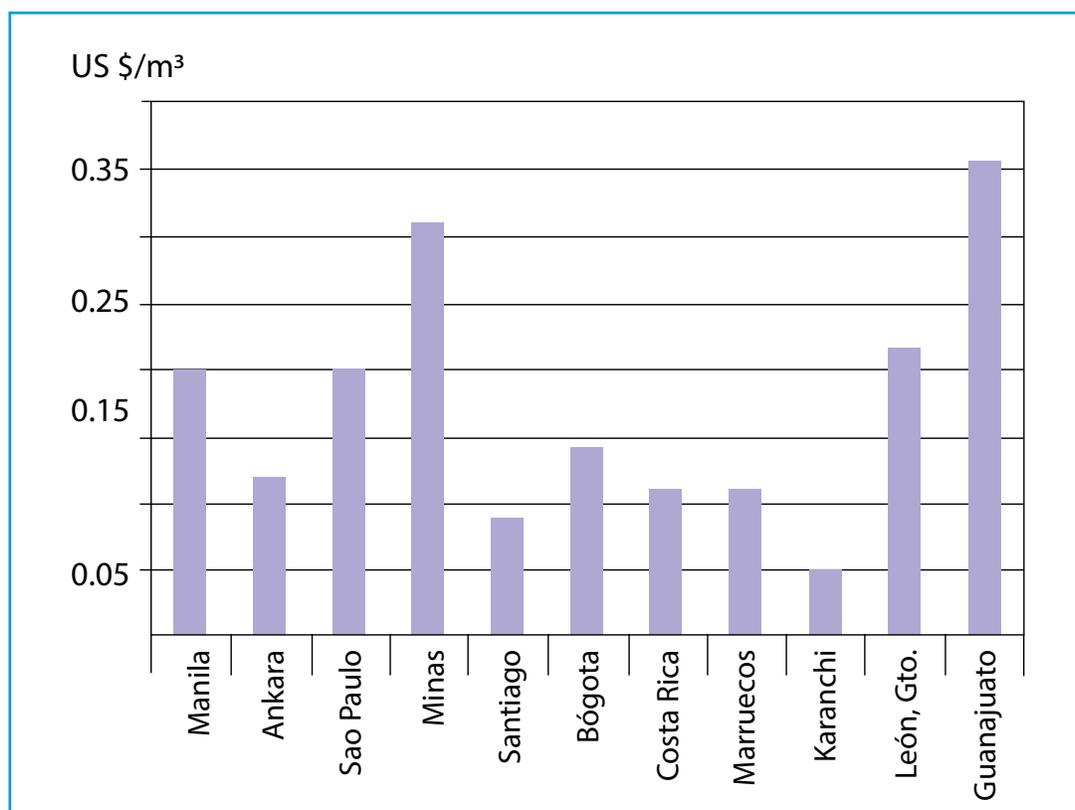


Figura 1.5. Costos de producción de agua en US \$/m³

Los costos de operación podrían separarse en tres grandes áreas: energía y combustible, personal, y misceláneos, como por ejemplo productos químicos y mantenimiento. El Banco Mundial publicó una composición entre estos tres elementos de costos, en los que 46% corresponden a costos de personal, 18.4% para energía y combustible, y 35% para misceláneos. Publicó también algunos reportes sobre los costos de producción en varias ciudades. Se obtuvieron datos de dos ciudades del estado de Guanajuato, México, León y Guanajuato, y se compararon con 9 ciudades reportadas, como se observa en la Figura 1.5. El costo de la ciudad de Guanajuato fue el más alto, seguido de Minas Gerais, y en tercer lugar León (Ochoa, 2003).

## 1.10. Bibliografía

- Cavalcanti Coelho, A. (1985). *El subsistema operacional en una institución de agua potable y alcantarillado*. Lima, Perú: CEPIS.
- CONAGUA. (2016). *Estadísticas del Agua en México, edición 2016*; D. R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional del Agua. México, D. F.: D. R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2016). *Situación del subsector agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Edición 2016*. México, D. F.: D. R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (14 de 12 de 2017.2). *Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)*. Obtenido de Reporte Acuíferos 2015 (Estat): <https://www.gob.mx/CONAGUA/acciones-y-programas/situacion-de-los-recursos-hidricos> y [http://201.116.60.25/sina/index\\_jquery-mobile2.html?tema=acuiferos](http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=acuiferos)
- CONAGUA. (19 de 12 de 2017-4). *Sistema Nacional de información del agua (SINA)*. Obtenido de Grado de presión (regional): <http://sina.CONAGUA.gob.mx/sina/tema.php?tema=gradoPresion&n=regional>
- Daza, S. F. (2008). *Demanda de agua en zonas urbanas en Andalucía-Tesis Doctoral*. Obtenido de Universidad de Córdoba: [www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)
- EPA. (31 de Enero de 2018). *EPA United States, Environmental Protection Agency*. Obtenido de Climate Change and Water Tools: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/updated\\_adaptation\\_strategies\\_guide\\_for\\_water\\_utilities.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/updated_adaptation_strategies_guide_for_water_utilities.pdf)
- Gónima, A. (16 de 03 de 2015). *HDT 06: ASPECTOS INSTITUCIONALES DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO*. Obtenido de SISTEMAS ORGANIZACIONALES: <http://www.bvsde.ops-oms.org/sde/ops-sde/bvsde.shtml>
- Kingdom, B. L. (2006). *The Challenge of Reducing Non-Revenue Water (NRW) in Developing Countries- How the Private Sector Can Help: A Look at Performance-Based Service Con-*

- tracting. *WATER SUPPLY AND SANITATION SECTOR BOARD DISCUSSION PAPER SERIES, PAPER NO. 8*, The World Bank, Washington, DC, 40.
- Lambert, A. O. (2002). "International Report: Water losses management and techniques", . *Water Science and Technology: Water Supply Vol. 2 No. 4* , UK., pp 1-20.
- Ochoa, A. L. (2003). Drinking water production cost in Mexican cities. *II International Conference on Efficient Use and Management of Water in Urban Areas*, 10.
- ONU. (07 de Febrero de 2018). AGUA. Obtenido de Los desafíos del agua: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- ONU, O. d. (27 de Julio de 2017). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- ONU-Agua. (07 de febrero de 2018). *ONU-Decenio internacional para la acción "El agua fuente de vida" 2005-2015*. Obtenido de El derecho humano al agua y al saneamiento: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_water.shtml](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_water.shtml)
- UNESCO. (2015). *WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris, UNESCO. Paris: UNESCO.
- Yepes, G., et al. (2000). "The High Costs of Intermittent Water Supplies".



# Capítulo 2



# ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA COMERCIAL



## 2.1. Antecedentes

### 2.1.1. La eficiencia total de los servicios de agua y saneamiento

Las funciones de cobro por la prestación de servicios de agua potable y saneamiento se realizan tanto en organismos operadores de agua que atienden ciudades y localidades urbanas, aunque también rurales, como en sistemas comunitarios que atienden generalmente localidades rurales y zonas periurbanas, y en algunos casos urbanos. En ambos casos hay costos de operación que requieren de ingresos para poder cubrirlos, y en los que los usuarios participan con sus aportaciones o pagos, con el fin de que puedan contar con mejores servicios, o servicios mejorados de agua y saneamiento. Esa es la finalidad de las áreas comerciales y operacionales, proporcionar junto con las demás áreas de los organismos de agua esos servicios mejorados a una población de enfoque, es decir servicios de calidad; y el área comercial debe recaudar los ingresos necesarios para ello, de otra manera los servicios se proporcionarán en la medida que los recursos disponibles lo permitan, con consecuencias no sólo en la cobertura y calidad de los servicios, sino en el mantenimiento de las instalaciones, y en el medio ambiente.

En la Figura 2.1 se muestra un esquema de las eficiencias que deben observar los organismos operadores para alcanzar la eficiencia total de la calidad en los servicios de agua potable: a) Ingeniería de producción y distribución, b) comercialización del servicio, y c) Desarrollo institucional (Ochoa, 2005). Un sistema hidráulico para el abastecimiento de agua potable deja de ser eficiente cuando comienza a utilizar excesivos recursos humanos, materiales y económicos dentro de estos tres escenarios, para prestar el servicio de calidad a los usuarios de una población (CONAGUA, 2009).

En el escenario del desarrollo institucional se desatienden las eficiencias en la *autonomía organizativa*, el liderazgo de su personal directivo, la administración del personal, la orientación financiera, los esquemas orientados hacia el consumidor, la capacidad técnica del personal, la capacitación del personal y la interacción con instituciones externas. Los resultados de esta desatención son el resquebrajamiento financiero e institucional del organismo operador, bajos niveles de preparación técnica del personal, desorden de la administración gerencial, excesivo número de empleados, entre otros (CONAGUA, 2009).

En el escenario de comercialización del servicio, se desatienden las eficiencias de las áreas de facturación, cobranza, contabilidad, padrón de usuarios, estimación de consumos, tarifas, control de suministros, comunicación social y comunicación y transporte. Derivado de esta desatención, surgen los problemas de usos clandestinos, baja cobertura de micromedición, usos mal clasificados e identificados, cartera vencida importante, esquemas tarifarios lejos de la realidad, altos consumos de materiales y equipos, y una comunicación con usuarios deteriorada impactando en baja cultura del agua de la sociedad (CONAGUA, 2009).

En el escenario de ingeniería de producción y distribución, se descuidan las eficiencias de la conducción hidráulica del sistema, de la hermeticidad de la red e infraestructura, de los sistemas de bombeo e instalaciones electromecánicas, y de la calidad del agua que se proporciona. Los descuidos de estas actividades de ingeniería ocasionan servicio discontinuo del agua a los usuarios (tandeos), entrega de agua a los consumidores con bajas presiones, niveles de fugas de agua que llegan a alcanzar hasta el 50% del volumen suministrado, agua no potable en las tomas domiciliarias, y excesivos consumos de energía en los equipos de bombeo con implicaciones económicas hasta del 35% de los ingresos del organismo operador (CONAGUA, 2009).

Estos tres escenarios mencionados reflejan la complejidad que afronta un organismo operador para mantenerse en un nivel de eficiencia aceptable, por lo que desde hace varios años se han derivado programas federales de inversión, para atender el problema de la eficiencia de sistemas de agua potable (CONAGUA, 2009).

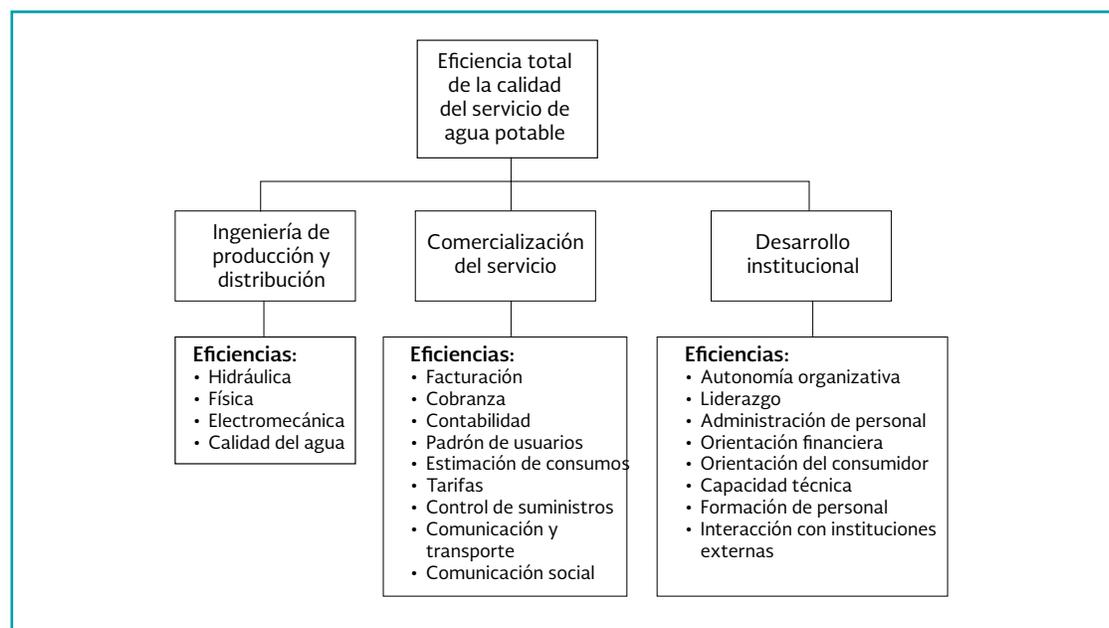


Figura 2.1. Eficiencia total de la calidad de los servicios de agua potable y saneamiento. Fuente (Ochoa, 2005).

En este capítulo se trata la organización de sistemas de abastecimiento para localidades urbanas en sus diversas áreas, y en específico las comerciales, encaminada a su modernización y desarrollo institucional, que de los tres escenarios arriba mencionados de eficiencia total de la calidad en los servicios, puede ser donde mayores oportunidades de mejora se tenga en los organismos operadores del país, por un lado prestar mejores servicios y con mayor cobertura, y por el otro, incrementar sus eficiencias de facturación y de recaudación. Todo esto con beneficios sociales y ambientales, considerando los ingresos necesarios para operar plantas de tratamiento de aguas residuales.

En el capítulo 9 se tratan los sistemas comunitarios de agua-gestión y operación, en los cuales, por su forma de operar, con gestores que no reciben salario por su trabajo, se habla de usuarios más que de clientes (Marín, 2011). La concepción es diferente, a pesar de que los organismos operadores, como empresas públicas, tampoco tienen la finalidad de obtener utilidades.

## 2.1.2. El abastecimiento de agua en México en su historia

Al hablar del suministro de agua a las poblaciones en México, no se puede dejar de mencionar la época prehispánica, y en ésta el primer acueducto de Chapultepec que abastecía a los habitantes de la gran Tenochtitlan, y en la que los “aguadores” participaban en la distribución y comercialización del agua.

En el año 1418 cuando Chimalpopoca estaba al frente del Señorío azteca, se asesoró de su pariente Nezahualcóyotl para llevar a cabo la construcción del acueducto que transportaría las aguas del Manantial Chapultepec hasta el centro de la urbe (Tenochtitlan). El asesoramiento de Nezahualcóyotl, señor de Texcoco, fue porque él conocía al detalle las obras hidráulicas hechas desde la época de Xólotl y sabía las técnicas de construcción de los acueductos, llamados apipolalli, acequias o apantl, así como de presas y estanques, conocidos como tlaxquilacaxtli. Dicha habilidad, aunada a su perspicacia, quedó demostrada en el trazado y construcción del acueducto de Chapultepec, con lo que se dio a conocer como un gran ingeniero hidráulico, cuya fama se incrementó con obras posteriores. El acueducto de barro se fue erosionando por las mismas aguas que conducía, hasta quedar finalmente destruido durante la terrible inundación de 1449. Moctezuma I, que gobernaba en aquel entonces Tenochtitlan, pidió a Nezahualcóyotl su apoyo, y éste en 1465 inició la reconstrucción del acueducto respetando el trazado que él mismo había hecho casi medio siglo antes. Se hizo con mampostería, tardando aproximadamente un año, y quedó tan resistente que con pocas reparaciones subsistió hasta unos años después de la conquista. El nuevo diseño tuvo entre otras innovaciones de ingeniería dos caños paralelos; uno que operaba regularmente, y el otro como

reserva, y se usaban alternadamente en caso de reparación o limpieza. El acueducto atravesaba numerosos canales, en los cuales trabajaba un cuerpo de aguadores; unos sacaban el agua del caño, en lo alto, y la vaciaban en las canoas de otros, que iban a la ciudad a venderla. Esta forma de abastecer a los habitantes de la ciudad en sus casas continuó hasta la época de transición y buena parte de la Virreinal (Peña Santana & Levi, 1989).

En (Collado, 2008) se refieren cinco periodos en la provisión de los servicios: Época prehispánica, Periodo colonial, periodo independiente, centralización de los servicios de agua potable, y descentralización de los servicios de agua potable. Se manifiesta que las condiciones bajo las cuales se han provisto los servicios de agua potable y saneamiento en México han sido una mímica de las tensiones políticas entre las autoridades municipales y las federales. Cuando los servicios eran una responsabilidad municipal rentable, la federación ansiaba esa recaudación; una vez teniendo la responsabilidad, decidió regresarla a los municipios, también por cuestiones presupuestarias (Collado, 2008).

Por otra parte, en (Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A., 2008) se presenta la evolución institucional y legal del servicio urbano de agua potable en México, en la que se proponen tres etapas principales: La centralista de las juntas federales de agua prevaleciente de 1948 a 1983. La Municipalista iniciada en 1983 en que el servicio se asigna a los gobiernos locales, y la empresarial de organismos operadores autónomos a partir de 1989. Ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Evolución del abastecimiento de agua potable y alcantarillado 1948-1983.  
Fuente (Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A., 2008).

Año	Evento
1948	La secretaría de Recursos Hidráulicos (SRH) crea la Dirección General de Agua potable y alcantarillado (DGAPA)
1949	Se expide el reglamento de las Juntas Federales de Agua potable
1956	Se aprueba la Ley de Cooperación para Dotación de Agua Potable a los Municipios
1971	La SRH crea la Dirección General de Operación de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado (DGOSAPA)
1976	Sus funciones se transfieren a la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP)
1980	El manejo de los sistemas de abastecimiento de agua potable se transfiere a los Estados
1982	La nueva Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) absorbe la función de las obras públicas y de infraestructura
1983	Una Reforma constitucional al artículo 115 transfiere la administración del agua potable y alcantarillado a los municipios y estados

## 2.2. Sistemas básicos de un organismo de agua

Conforme al enfoque de sistemas en los organismos operadores de agua potable y saneamiento (Gónima, 1980), para cumplir con sus funciones y objetivos, se integran básicamente por los sistemas: Operacional, Comercial, de Planificación, Financiero, y administrativo. Estos sistemas pueden identificarse en los organigramas de los organismos operadores, aunque no necesariamente con estas denominaciones y estructura, dependiendo del tamaño y tipo de organismo, de la legislación aplicable, así como de su propio desarrollo institucional. Cada uno de estos sistemas debe contar con su propio subsistema de información, o bien que se integre el Sistema de Información del Organismo Operador. Los sistemas indicados se describen en la Tabla 2.2 de forma resumida, sólo como referencia del tema central de este documento, que es el Sistema Comercial. Ver Figura 2.2.

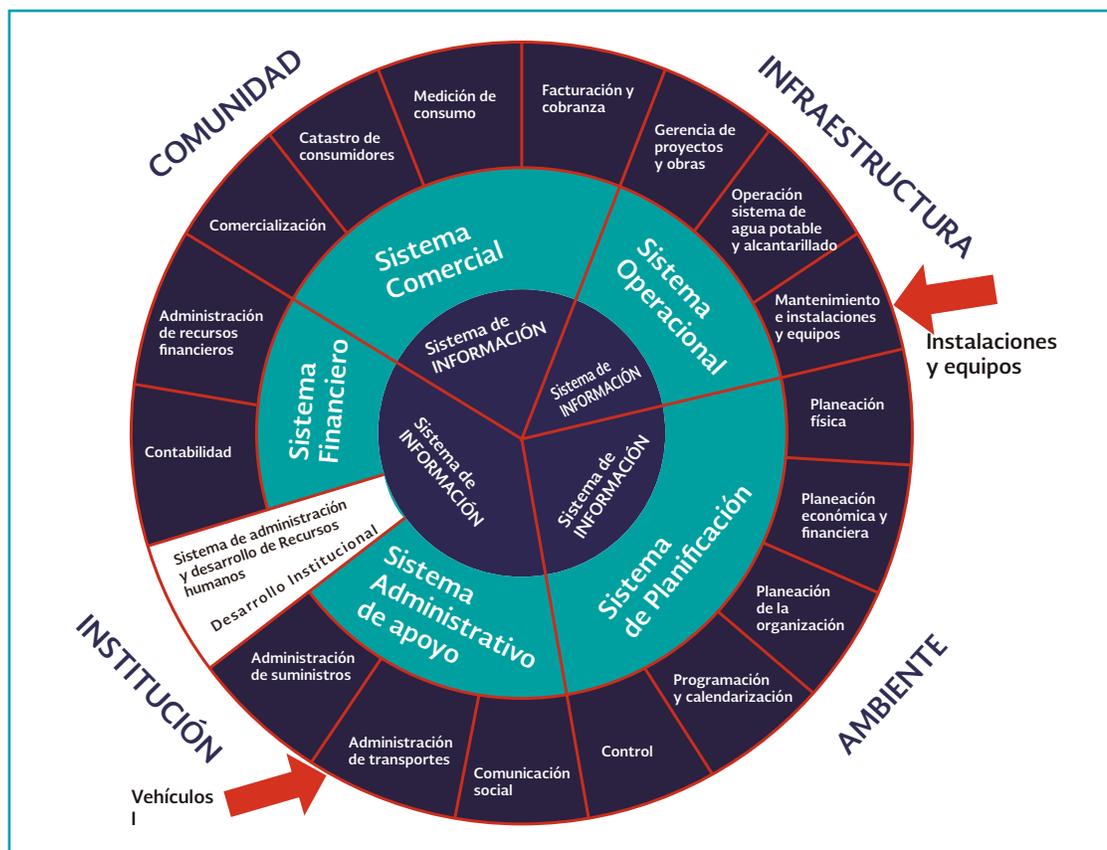


Figura 2.2. Sistemas básicos de un organismo operador de agua potable y saneamiento.  
Fuente (Buenfil, 2007)

Tabla 2.2. Sistemas de un organismo operador: Fuente (Gónima, 1980).

Planificación	Operacional	Comercial	Financiero	Administrativo y de apoyo
<p>Este sistema inicia su acción con el análisis y cuantificación del problema y su solución, comparando la situación actual de cobertura de los servicios y las metas establecidas de acuerdo a las políticas socio-económicas del país dentro de los planes sectoriales.</p> <p>El Sistema de Planificación debe: Formular los planes de la institución para el análisis de la alta gerencia, en sus diferentes etapas, a largo plazo (planificación estratégica), a mediano plazo (planificación táctica) y a corto plazo (planificación operacional); establecer un sistema de información para control gerencial; estructurar los correspondientes subsistemas de planificación física, planificación organizacional, planificación económico-financiera, programación y control.</p>	<p>Comprende el conjunto de recursos y actividades necesarios para administrar la elaboración de proyectos y la construcción de obras así como para operar los sistemas de agua y de alcantarillado y mantener las instalaciones y equipos utilizados en los sistemas.</p> <p>Funciona a través de sus tres subsistemas (Gerencia de Proyectos y Obras, Operación y Mantenimiento) en la aplicación de los procedimientos necesarios para el logro de sus objetivos, mediante actividades administrativas y operativas.</p>	<p>Tienen la importante tarea de realizar la promoción y venta de los servicios, y la recuperación de los costos que conlleva su prestación, permitiendo la autosuficiencia financiera de la institución.</p> <p>Objetivos: Promover la expansión y el mantenimiento del mercado consumidor; registrar los consumidores que constituyen el mercado de servicios; controlar la utilización racional de los servicios; establecer para cada consumidor una cuenta.</p>	<p>Comprende el conjunto de políticas y normas establecidas por la institución para la realización de sus operaciones financieras, así como los procedimientos y métodos utilizados para registrar y evaluar la gestión financiera, e informar sobre sus resultados.</p> <p>Se agrupan en los subsistemas de: Administración de recursos financieros, que incluye la ejecución y control de todos los fondos de la institución, gestiona y obtiene recursos externos y vela por las obligaciones contraídas; y de Contabilidad, a través del cual se determina la situación financiera de la institución, así como otros elementos para estudios económico-financieros y para control del costo de las operaciones y cumplimiento del presupuesto por programa.</p>	<p>Están conformados por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El Sistema de Administración y Desarrollo de Recursos Humanos.</li> <li>- El Sistema de Administración de Suministros.</li> <li>- El Sistema de Administración de Patrimonio.</li> <li>- El Sistema de Administración de Transportes.</li> <li>- El Sistema de Comunicación Social.</li> </ul>

## 2.3. Subsistemas comerciales

El sistema comercial lleva a cabo sus funciones a través de cuatro subsistemas básicos, que como se ha dicho no necesariamente tendrán estas denominaciones y estructura: Comercialización de los Servicios, Padrón de Usuarios, Medición de Consumos, y Facturación y Cobranza (Gónima, 1980). En la Figura 2.3 se muestra la interrelación del Sistema Comercial, en su ambiente interno con los demás sistemas de un organismo operador, y en el externo con el mercado de consumo de los servicios de agua y saneamiento, para el cumplimiento de sus objetivos y funciones de promoción y venta de los servicios, así como de recaudación, las cuales son claves para cumplir con los objetivos y metas de los organismos.

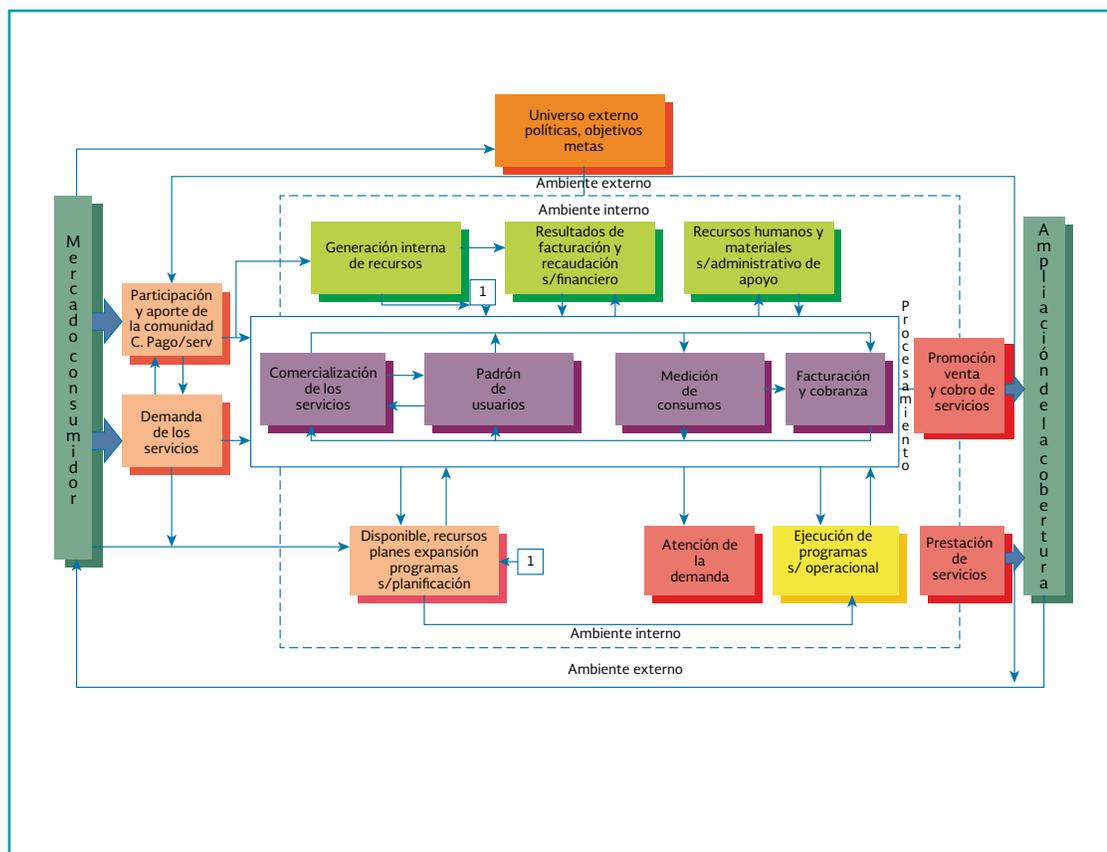


Figura 2.3. Sistema Comercial y subsistema de medición de consumos de un organismo operador de agua potable. Fuente (OPS, 1981).

Las interrelaciones que se muestran en la Figura 2.3 se desarrollan de la siguiente manera:

- En el ambiente externo el mercado consumidor de los servicios genera una demanda, que se recibe directamente en el sistema comercial, el cual para su atención la transmite al Sistema Operacional, según la oferta disponible, en función de producción e infraestructura de distribución, de alcantarillado, y de saneamiento. Pero también esta demanda se percibe externamente por los sectores que establecen las políticas, objetivos y metas de cobertura, e internamente en el Sistema de Planificación.
- Si hay disponibilidad el Sistema Comercial realiza la promoción, venta y cobro de los servicios, mientras que el Sistema Operacional lleva a cabo su prestación, interactuado así, junto con el Sistema Comercial, con el mercado consumidor, o sea con los usuarios, que participan con el organismo operador aportando el pago de los servicios. Esto genera recursos internos que son administrados y contabilizados por el Sistema Financiero para determinar la situación financiera, controlar costos de las operaciones, y para revisar el cumplimiento de los presupuestos programados.
- Si no hubiera oferta disponible para atender las demandas, el Sistema de Planificación revisa sus planes y programas de ampliación, y en su caso los actualiza. Estos son ejecutados por el Sistema operacional mediante la elaboración de proyectos ejecutivos, construcción de las obras, su operación y mantenimiento, resultando en la ampliación de la cobertura de los servicios.
- El Sistema Administrativo y de apoyo se interrelaciona con el Sistema Comercial, con el Operacional y con los demás, proveyendo del recurso humano, los suministros, el transporte y demás requerimientos para su funcionamiento.
- Todas estas interacciones son posibles al contar con sistemas de información y comunicaciones en los organismos operadores. Por ejemplo el Sistema Comercial debe contar con su sistema informático con la base de datos de los usuarios, en las cuales se registren las lecturas de consumos, los pagos, etcétera. En este mismo ejemplo se pueden combinar los sistemas de información con las comunicaciones, si las lecturas son tomadas y registradas en terminales remotas que puedan enviarlas en tiempo real al sistema informático para su revisión y procesamiento.
- Dentro de los subsistemas comerciales el subsistema de comercialización de los servicios interactúa directamente con el de padrón de usuarios, debido a los contratos e instalación de nuevas conexiones domiciliarias, con sus altas respectivas. Asimismo el subsistema de medición de consumos con el de facturación y cobranza por la toma de lecturas y su descarga en el sistema informático para su proceso de facturación.

Ver en la Tabla 2.3 las funciones de las áreas o subsistemas comerciales.

Tabla 2.3. Subsistemas o áreas comerciales y sus funciones. Elaboración propia con información de (Gónima, 1980) y (Londoño, 1985).

Comercialización de los servicios	Padrón de usuarios	Medición de consumos	Facturación y Cobranza
<p>Recibe los requerimientos de servicios, y los atiende según la oferta disponible, coordinando los programas de ampliación de la cobertura con el área responsable de su ejecución, a través de una distribución eficiente. Busca expandir su mercado, así como mantenerlo. Los requerimientos de suministro se evalúan y se atienden junto con el sistema operacional. Incluye la toma de decisiones en la planeación y evaluación de la infraestructura actual y futura. Participa en la realización de estudios tarifarios, en la instalación de nuevas conexiones domiciliarias, sus contratos, atención al público, aplicar mecanismos de control como el corte, reconexión, supresión, y atención de reclamos. Debe contar con normas técnicas y procedimientos para estas funciones y realizar estudios socioeconómicos y encuestas del mercado para poder formular sus programas.</p> <p>El subsistemas del padrón de usuarios le proporciona información y estadísticas de los consumidores, ya sea que estén activos o con servicio cortado; facturación y cobranza que le suministra información periódica de la demanda, a través del número de conexiones con sus consumos; facturación, recaudación y otros datos; medición de consumos también con datos que caracterizan el comportamiento de los consumidores respecto al consumo y a las acciones de comercialización.</p>	<p>Esta área tiene a su cargo la base de datos de los usuarios, que es un conjunto de datos estructurados de cada uno de los usuarios reales y factibles. Los usuarios se dan de alta en el padrón al iniciar el trámite de contratación, con el pago de derechos respectivo y la instalación de los servicios, toma domiciliaria, y/o descarga de aguas residuales. sus funciones principales son: establecer y mantener actualizado el registro de contribuyentes, y registrarlos por tipos, clases y categorías; registrar a los consumidores factibles y potenciales para fines de ampliación de la cobertura, y establecer una adecuada identificación para su localización física y demás acciones administrativas.</p>	<p>Este subsistema determina de manera sistemática el volumen que consumen periódicamente los usuarios, para el cobro equitativo de los servicios prestados. Tiene las funciones de controlar la utilización racional del servicio, establecer el grado de medición adecuado, mantener los medidores en exactitud, retroalimentar el padrón de usuarios con información, y suministrar datos adicionales sobre la conexión y el medidor.</p> <p>Se requiere: Padrón de Usuarios confiable; aparatos de medición bien dimensionados instalados; Personal capacitado para toma de lecturas; Taller de medidores operado por personal capacitado, para mantener todos los medidores en condiciones adecuadas; sistema de facturación y cobro que permita, con base en las lecturas de consumos y la aplicación de las tarifas respectivas, el cobro correcto de los mismos.; sistema adecuado de tarifas.</p>	<p>Funciones principales: establecer una cuenta única por suscriptor para registro de consumos y cobro periódico según la política tarifaria, los reglamentos y las acciones administrativas que afectan los importes; registrar y controlar los pagos de cada usuario, y producir el proceso de facturación; emitir avisos o facturas con los valores a cobrar; detectar inconsistencias en los consumos, aplicación de sanciones y multas; generar estadísticas para evaluar el comportamiento de la facturación y cobranza; mantener un registro actualizado de todas las cuentas de los usuarios activos; controlar las deudas no pagadas oportunamente, de acuerdo con el reglamento de servicios; las políticas de cobro y los procedimientos establecidos; apoyar al área de medición para detectar las características generales y el comportamiento de los consumos que permitan evaluar las políticas de medición; apoyar a la contabilidad manteniendo el registro de las cuentas por cobrar de usuarios con adeudo; elaborar estadísticas para evaluar el comportamiento de esta área y la respuesta de los usuarios a las políticas del organismo operador; principalmente a las de comercialización respecto al reglamento del servicio; a la política tarifaria; a los programas de comercialización; proveer al taller de medidores deteriorados, aquellos mal dimensionados, etcétera.</p>

## 2.4. Funcionamiento y eficiencia del sistema comercial y del operacional

Los sistemas operacional y comercial de los organismos de agua potable, son los que mayor personal requieren. Los primeros para atender la operación y mantenimiento de todas las unidades operaciones, incluyendo proyecto y construcción, y los segundos para atender los servicios y su comercialización a todos los usuarios. Por ejemplo la JMAS Delicias, en el año 2013 registra un total de 177 empleados (46 de confianza, 114 sindicalizados y 17 eventuales). De estos, el área operacional, incluyendo, proyectos y construcción, tenía 72 plazas (40.6%), y el sistema comercial 54 (30.5%), mientras que las demás áreas juntas 28.9% (JMAS-IMTA, 2013).

En general cualquier acción en alguno de los sistemas de un organismo de agua tiene efectos, buenos o malos, en los demás, pero esto aplica especialmente entre los sistemas operacional y comercial. De su buen funcionamiento dependen en gran parte las pérdidas de agua. Por lo general mediante un balance se puede estimar el total, pero su desglose entre físicas y comerciales es más difícil. En la Tabla 2.4 se indican algunas situaciones de tipo comercial y sus efectos en el sistema operacional. En la Tabla 2.5 se presenta el caso contrario.

Tabla 2.4. Algunas situaciones comerciales u otras que afectan las áreas operacionales.

No.	Situación comercial u otra	Consecuencias	Efectos en el área operacional	Requerimiento complementario
1	Baja cobertura de medición	Consumos fuera de control, pérdidas de facturación y de ingresos	La capacidad de producción se sobrepasa antes de lo planeado	Incrementar la cobertura real de medición de consumos
2	Tomas no autorizadas en líneas de conducción y líneas primarias de distribución	Pérdidas de facturación y de ingresos	Funcionamiento hidráulico deficiente, se sobrepasa capacidad de diseño, afecta las operaciones a mediano plazo, falta de recursos para operación y mantenimiento	Regularización jurídica (alguna líneas pueden pasar por terrenos privados) y comercial y conexión en líneas secundarias.
3	Incremento de cobertura de medición sin acción paralela operacional	Reducción de consumos, y aumento de presiones	Aumento de caudales de fuga, de acuerdo con el incremento de presiones y deterioro de la red. Puede no haber recuperación de caudales.	Control de presiones mediante sectorización, válvulas reductoras de presión, modelación hidráulica, etcétera.
4	Baja eficiencia de facturación y de recaudación	Pérdidas de facturación y de ingresos	Falta de recursos para operación y mantenimiento, deterioro de la infraestructura, aumento de pérdidas de agua, servicio deficiente.	Aplicar programas de reducción y control de pérdidas comerciales, con acciones paralelas operacionales

Tabla 2.4 Algunas situaciones comerciales u otras que afectan las áreas operacionales. (continuación).

No.	Situación comercial u otra	Consecuencias	Efectos en el área operacional	Requerimiento complementario
5	Zonas de crecimiento desordenado con requerimientos de servicios	Ampliaciones con carga hidráulica insuficiente,	Tandeos del servicio para poder hacerles llegar el agua en zonas altas y lejanas; sobreesfuerzo en tuberías que ocasiona fallas y fugas; servicio deficiente, incremento de costos de operación, etcétera.	Normar crecimiento con desarrollo urbano de los municipios, modelación hidráulica y proyectos ejecutivos

Tabla 2.5. Algunas situaciones operacionales u otras que afectan las áreas comerciales.

No.	Situación operacional u otra	Consecuencias	Efectos en el área comercial	Requerimiento complementario
1	Renovación de líneas secundarias de distribución y conexiones domiciliarias	Ubicación de usuarios clandestinos y conexiones, además de la eliminación de fugas, posibilidad de servicio continuo	Servicio continuo de calidad, recuperación de pérdidas comerciales, incremento de facturación	Sólo reforzar la eficiencia de recaudación para incrementar los ingresos
2	Relocalización y renovación de líneas de conducción y líneas primarias de distribución	Cancelación de tomas no autorizadas, además del mejor funcionamiento hidráulico	Recuperación de pérdidas comerciales, incremento de facturación	Sólo reforzar la eficiencia de recaudación para incrementar los ingresos
3	Movimientos de válvulas para prestación turnada del servicio (tandeos)	Llenado y vaciado de tuberías con sobreesfuerzo en tuberías y su deterioro e incremento de fugas, mayores costos de operación	Servicio inseguro, deficiente e incómodo, afectando los muebles y dispositivos hidrosanitarios y al aparato de medición	Sanear y renovar las redes de distribución y las conexiones domiciliarias para poder volver al servicio continuo.
4	Baja eficiencia física	mayores costos de operación,	Servicio deficiente, posibilidad de tarifas	Aplicar programas de reducción y control de pérdidas físicas, con acciones paralelas operacionales
5	Sectorización de redes	Control de la operación: reducción de presiones, medición de volúmenes de entrada y de consumo, balance de agua, medición de gastos mínimos nocturnos, etcétera.	Reducción y control de pérdidas comerciales, además de las físicas	Cada sector puede ser un sector comercial

## 2.5. Organización y desarrollo institucional

De los tres escenarios de eficiencia total de la calidad en los servicios de agua y saneamiento (Figura 2.1), como se ha dicho, el escenario de desarrollo institucional, en mayor o menor grado en sus diferentes rubros, es de los que mayores oportunidades de mejora puede tener en la mayoría de los organismos operadores del país. Como prioritarios están ejemplo, dependiendo de cada organismo operador, el rubro de autonomía organizativa, orientación financiera, orientación al consumidor, y los de capacidad técnica y formación de personal. En éstos está implícita la modernización de las áreas comerciales. En este sentido se toca el tema de organismos intermunicipales, por su efecto en las economías de escala y autonomía organizativa. También el enfoque de gestión de clientes, la certificación de competencias, y otros.

En cuanto al tamaño de las ciudades atendidas, y que tiene que ver con su organización y desarrollo institucional, una clasificación de sistemas de abastecimiento es la que tiene en cuenta la población de las localidades urbanas, propuesta por el Centro Panamericano de Ingeniería (CEPIS) en el libro de Macromedición, y es la siguiente (Hueb, 1985):

- Clase I: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana hasta 20,000 habitantes
- Clase II: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana entre 20,000 y 100,000 habitantes
- Clase III: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana entre 100,000 y 500,000 habitantes
- Clase IV: Sistemas de abastecimiento para ciudades con población urbana mayor a 500,000 habitantes

### 2.5.1. Certificación de competencias

La certificación del personal de campo encargado de instalar tomas domiciliarias es de suma importancia, ya que precisamente en éstas es que se tiene la mayor incidencia de fugas y de pérdidas de agua. Del volumen promedio de fugas en un sistema de agua potable en México, 68% se pierde en tomas domiciliarias y 32% en la red de distribución. En cuanto a ocurrencia de fugas 73% se tiene en las tomas y 27% en la red de distribución (CONAGUA, 2007). Uno de los factores de esta incidencia es la mano de obra y procedimiento de instalación. Otros factores son los materiales seleccionados para la toma, la propia operación de las redes de distribución, los suelos, la sismicidad y otros. También son de suma importancia las certificaciones para instalación de medidores y la cuantificación del consumo, ya que están encaminadas a la determinación confiable de los volúmenes que consumen periódicamente los usuarios, como base para el cobro justo de los servicios.

Conforme al Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales, México (CONOCER) (SEP, 2017), el Sistema Nacional de Competencias es un Instrumento del Gobierno Federal que contribuye a la competitividad económica, al desarrollo educativo y al progreso social de México, con base en el fortalecimiento de las competencias de las personas (SEP, 2017).

Dentro del Sistema Nacional de Competencias, se llevan a cabo diversas acciones generadoras de valor para los trabajadores y empleadores de México, entre ellas el desarrollo de Estándares de Competencia que describen los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que una persona debe tener para realizar sus funciones con un alto nivel de desempeño. Estos Estándares de Competencia son desarrollados en conjunto por empresarios y trabajadores. Una vez desarrollados los Estándares de Competencia, éstos se inscriben en el Registro Nacional de Estándares de Competencia del CONOCER y quedan disponibles para que los sectores puedan utilizarlos como referente en los procesos de evaluación y certificación de las personas (SEP, 2017).

Para las áreas comerciales de los organismos operadores se tienen entre otros los siguientes estándares:

#### EC0237 Instalación de la toma domiciliaria

Servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que se desempeñan en la instalación de la toma domiciliaria y cuyas competencias incluyen el preparar la documentación, los materiales, las herramientas de la toma domiciliaria, colocar la toma domiciliaria, probar y entregar la toma domiciliaria (SEP, 2017).

#### EC0140 Cuantificación del consumo de agua potable con medición

Servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que se desempeñan en la cuantificación del consumo de agua potable con medición de lectura directa y cuyas competencias incluyen: el preparar la documentación y el equipo y registrar la lectura, para la determinación del consumo de agua potable con medición (SEP, 2017).

### 2.5.2. Enfoque de gestión de clientes

Respecto a este tema, en (Buenfil, M., 2007-2) se establece que a veces no es explícito en algunas leyes o reglamentos, destacar que la principal razón de ser y motivo de la labor de cada organismo operador de agua, es atender a la ciudadanía que la confiere la administración del sistema. Entonces que el organismo operador deberá concebir y ver a la ciudadanía desde varios enfoques, como: usuarios, clientes, ciudadanos con poder de voto y decisión, como patrones del organismo y co-propietarios de la infraestructura, e igualmente como co-responsables del buen o mal funcionamiento de la infraestructura y del mismo organismo operador. Es decir, como cliente al que hay que respe-

tar y tratar de forma imparcial atendiendo procedimientos y estándares de comercio formal; pero sin olvidar que no es objeto para lucrar, o al que puedan dejársele de satisfacer sus necesidades bajo argumentos de complicaciones técnicas o que fuese financieramente poco atractivo. Asimismo que tampoco se trata de consentir y cumplir caprichos de la ciudadanía que generen riesgos, ahonden la inestabilidad, aliente la dependencia de subsidios, el derroche de recursos, la falta, o cualquier exigencia fuera de lugar. Incluso puede decirse que las actuales ineficiencias del organismo operador fueron causadas, directa o indirectamente, por la ciudadanía misma (Buenfil, M., 2007-2).

Por otra parte, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en el desarrollo de una herramienta para evaluar las prácticas utilizadas en la *gestión de clientes* por parte de las *empresas de agua y saneamiento*, con el fin de identificar las áreas que necesitan ser fortalecidas y apoyar la construcción de un plan de acción, considera cuatro niveles de desarrollo en la gestión de clientes (Jordain, 2011). Ver Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Niveles de desarrollo de gestión de clientes, de la herramienta para evaluar practicas utilizadas en la gestión de clientes. Elaboración propia con datos del BID (Jordain, 2011).

Nivel 1: la empresa obsoleta	Nivel 2: la empresa operativa;	Nivel 3: la empresa moderna,	Nivel 4: la empresa del siglo XXI
La empresa cuenta con procedimientos y herramientas antiguas. Sufre por un marco legal reglamentario viejo, que a menudo obstaculiza la modernización. Los principales procesos pueden funcionar, pero con defectos importantes (y muchas veces con una baja eficiencia de recaudación).	Los procesos fundamentales de la gestión de clientes están operativos: la facturación y la recaudación se llevan a cabo, y hay un sistema de atención a clientes. Todavía obstáculos para la aplicación de nuevas tecnologías o métodos para mejorar la productividad y calidad de servicio al cliente. A menudo se sigue hablando de suscriptores o usuarios en vez de clientes.	La empresa ha implementado tecnologías modernas para lograr un nivel de productividad y calidad de servicio. Los principales procesos de gestión de clientes están perfectamente dominados y el nivel de calidad se ha logrado. La arquitectura básica de sus sistemas de información es estable y sólida, y es capaz de evolucionar. Empresa que decidió pasar del concepto de usuario al de cliente.	Podría ser considerada como una empresa de comunicaciones, donde todos los sistemas están interconectados para facilitar el intercambio de información. En la gestión de clientes, se hacen grandes esfuerzos para facilitar la vida, cuando es posible. A menudo las empresas no se mueven a este nivel de desarrollo, si no debido al empuje del regulador o de la autoridad sectorial, o debido a la competencia.

### 2.5.3. Organismos intermunicipales

En el tema de desarrollo institucional, vinculado a economías de escala en los servicios de agua potable y saneamiento, en (Ferro, 2014) se establece que las economías de escala se vinculan con la tendencia decreciente de los costos medios en el largo plazo a medida que la producción aumenta. Aquellas están presentes en las obras (economías de escala de largo plazo, cuando el capital gana en flexibilidad, dado que en el corto plazo las redes y plantas están fijas) y en los servicios (economías de escala de corto plazo, en la gestión y mediante racionalización de recursos comunes de dirección superior, gerencia general, administración, contabilidad, finanzas, atención al cliente, facturación, mantenimiento de redes y plantas, compras y contrataciones, atracción de talento al sector, nuevas tecnologías de productos y procesos, posición frente a la regulación, poder negociador frente a proveedores, etcétera). También hay economías de escala en la prospectiva del sector (al planificar la expansión compartiendo recursos, programando mantenimiento y evitando duplicaciones de obras) y en la coordinación del uso de los recursos evitando ruinosas duplicaciones de obras y gastos de tratamiento (en el uso de las fuentes de suministro y en las descargas de efluentes) (Ferro, 2014).

En el planteamiento de soluciones viables a largo plazo a la problemática actual de nuestro país para lograr un acceso más equitativo y una prestación más eficiente de los servicios de agua potable, se hace la vinculación de la eficiencia con las economías de escala, al aprovecharlas para dimensionar la prestación de servicios. En este contexto la Comisión Nacional del Agua presenta la *Guía para la Constitución de Organismos Operadores Intermunicipales de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales* (CONAGUA, 2015).

Por otra parte, el Instituto Mexicano para la Competitividad A. C. (IMCO), considera que el mal desempeño de los organismos operadores está directamente relacionado con un diseño institucional inadecuado, que no crea incentivos adecuados ni les permite desarrollar las capacidades necesarias para operar eficazmente. Establece que la mayoría de los organismos operadores, en México, son demasiado pequeños para ser rentables y eficientes, por lo que necesitan operar a una escala suficiente para reducir sus costos promedio por toma a niveles económicamente viables. Indica que por tanto, la solución a los problemas de los organismos operadores pasa por su rediseño institucional y presenta la *Guía para la creación de organismos metropolitanos de agua potable y saneamiento en México*. La guía establece los siguientes siete pasos para crear organismos metropolitanos (IMCO, 2014):

- 
1. Elaborar un diagnóstico de los organismos operadores municipales que operan actualmente en la zona metropolitana para determinar la conveniencia económica y operativa de crear un organismo operador metropolitano (OOMet)
  2. Análisis del marco jurídico y regulatorio estatal en relación a los servicios de agua potable y drenaje
  3. Acuerdo de ayuntamiento
  4. Convenio de coordinación entre municipios y estado que tenga por objeto la constitución del OOMet
  5. Formulación del proyecto de Decreto de Creación de OOMet por parte del Ejecutivo que refleje la estructura del OOMet que señala la Ley de Aguas (si es que se regula)
  6. Aprobación por parte del Congreso Estatal del decreto de creación del OOMet
  7. Expedición de Decreto de Ley que crea el OOMet como organismo público descentralizado

#### 2.5.4. Modernización de áreas comerciales

Existen en el país varios programas en apoyo al mejoramiento de las eficiencias de los organismos operadores de agua, que incluyen acciones de modernización. Uno de ellos es el Programa de Modernización de las Áreas comerciales de Organismos Operadores de Agua, coordinado por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S. N. C. (BANOBRAS), con la colaboración institucional del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), y que tiene por objeto fortalecer los ingresos propios de los organismos operadores de agua, a través de incrementar la recaudación de los derechos por consumo de agua, mediante la actualización del padrón de contribuyentes y mejoramiento de la eficiencia de su área comercial: Considera seis acciones principales de modernización de áreas comerciales de organismos operadores de agua potable (BANOBRAS, 2018):

1. Depuración y actualización del padrón de usuarios
2. Modernización de medidores de consumo domiciliario
3. Desarrollo de software para la modernización del área comercial
4. Remodelación y equipamiento del área comercial
5. Capacitación del personal
6. Estudio de bancarización y/o instalación de cajeros automáticos
7. Esas acciones llevan implícitas la modernización de la toma de lecturas de consumos mediante terminales remotas (hand helds), la renovación del equipamiento de cómputo, señalización en áreas de espera, elaboración de manual de organización y procedimientos, y otras.

## 2.6. Bibliografía

- BANOBRAS. (2018). *Banco nacional de obras y servicios públicos S.N.C.* Obtenido de Programa de Modernización de las áreas comerciales de organismos operadores de agua: <https://www.gob.mx/banobras/documentos/programa-de-modernizacion-de-las-areas-comerciales-de-organismos-operadores-de-agua-58967>
- Buenfil, M. (2007). *el enfoque sistémico en los organismos operadores.* Jiutepec, Mor: Fondo para la comunicación y la educación ambiental-Centro virtual de información del agua-IMTA.
- Buenfil, M. (2007-2). *Marco legal de los organismos operadores.* Jiutepec, Mor: Fondo para la comunicación y la educación ambiental, A. C.- Centro virtual de información del agua-IMTA.
- Collado, J. (2008). Entorno de la provisión de los servicios públicos de agua potable en México. En C. Roberto Olivares-Ricardo Sandoval, *El agua potable en México-Historia reciente, actores, procesos y propuestas* (págs. 3-28). México, D.F.: ANEAS.
- CONAGUA. (2007). *Sectorización en redes de agua potable.* México, D.F.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2009). *Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable.* México, D. F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA. (2015). *Guía para la constitución de organismos operadores intermunicipales de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales.* México, D. F.: SEMARNAT.
- Ferro, G. y. (2014). Economías de escala en los servicios de agua potable y saneamiento. *ResearchGate*, 69.
- Gónima, A. (Noviembre de 1980). *Sistemas organizacionales. Proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado-Taller sobre desarrollo del sistema comercial de las empresas de agua potable y alcantarillado.* Lima, Perú, Perú: OPS/OMS.
- Hueb, J. F. (1985). *Macromedición.* Lima, Perú: Manual DTIAPA No. C-9, CEPIS.
- IMCO. (2014). *Guía para la creación de organismos metropolitanos de agua potable y saneamiento en México.* México, D.F.: Instituto Mexicano para la competitividad A. C.
- JMAS-IMTA. (2013). *Diagnóstico y proyecto ejecutivo del área comercial de la Junta Municipal de agua y Saneamiento de Delicias, Chihuahua.* Jiutepec, Mor: IMTA.
- Jordain, J. L. (2011). *Herramienta de evaluación para implementar buenas prácticas en el área de gestión comercial de operadores de agua y saneamiento. Nota técnica No. 239.* El Salvador y Ecuador: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), División de Infraestructura y medio ambiente.
- Londoño, C. A. (1985). *Sistema comercial en las instituciones de agua potable y alcantarillado.* Lima, Perú: OPS.
- Marín, R. (2011). *El acueducto comunitario óptimo-Condiciones para la gestión efectiva de los servicios del agua-El caso Costa Rica.* Obtenido de Fundación Avina: [www.avina.net](http://www.avina.net)
- Ochoa, L. (2005). *Planeación de acciones de incremento de incremento y control de la eficiencia en sistemas de agua potable.* México, D. F.: Comisión Nacional del Agua.
- OPS. (1981). *Proyecto de desarrollo tecnológico de las instituciones de abastecimiento de agua potable y alcantarillado (DTIAPA)-Desarrollo Institucional". Organización Panamericana de la Salud.* Washington: Organización Panamericana Sanitaria.
- Peña Santana, P., & Levi, E. (1989). *Historia de la hidráulica en México: abastecimiento de agua desde la época prehispánica hasta el Porfiriato.* Jiutepec, Mor: IMTA\_CONAGUA-II-UNAM.
- Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A. (2008). De las Juntas federales a las empresas de agua: la evolución institucional de los servicios urbanos de agua en México 1948-2008. En R. C. Roberto Olivares-Sandoval, *El agua potable en México* (págs. 57-75). México: ANEAS.
- SEP. (junio de 2017). *CONOCER.* Obtenido de Sistema Nacional de Competencias: [http://148.244.170.140/index.php/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=1&Itemid=3](http://148.244.170.140/index.php/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=1&Itemid=3)

# Capítulo 3



# DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA COMERCIAL Y PLANIFICACIÓN DE SU MEJORA (REDUCCIÓN Y CONTROL DE PÉRDIDAS COMERCIALES)



## 3.1. Antecedentes de mejores prácticas

Hablar del sistema comercial y su eficiencia necesariamente lleva a tratar también el tema de la eficiencia del sistema operacional, dada la vinculación entre uno y otro. En ambos casos se aplican programas de mejora de eficiencias, pero no siempre se alcanzan las metas planteadas. Por diversas razones. Pero es conveniente tener en cuenta las lecciones aprendidas, de las mejores prácticas internacionales y de las experiencias locales. A continuación se describen algunas de ellas que son representativas.

Como se explica más adelante, en este documento las pérdidas comerciales se denominan también pérdidas aparentes, y las pérdidas físicas se denominan también pérdidas reales. Esto de acuerdo con la terminología de la IWA (International Water Association) aunque no deja de haber diferentes punto de vista al respecto.

### 3.1.1. Métodos estándar

En la década de los 90's se dieron importantes avances en tecnología para reducción de fugas y en el entendimiento y gestión de las mismas, y sin embargo, a pesar de algunos casos de éxito, la mayoría de los sistemas de agua potable en el mundo continuaban presentando altos niveles de pérdidas de agua. Se identificó que una de las razones era la falta de un método estandarizado para reportar y comparar el desempeño de las empresas, pues había una amplia diversidad de formatos y definiciones. Que por ello cualquier discusión sobre pérdidas debía ser precedida de una clara definición de los componentes del balance de agua, con una terminología común internacional.

Al respecto la IWA (International Water Association) elaboró un estándar internacional en el año 2000, y actualizado en el 2003 (Alegre, 2003). Siendo el balance el método básico para estimar las pérdidas reales (físicas), se debe complementar con *Análisis de Componentes y Análisis de Flujos Nocturnos* (Lambert, 2002).

### 3.1.2. Entendimiento e impacto de las pérdidas

Los proyectos de reducción de pérdidas no exitosos pueden tener también causas como las siguientes:

- a) Poco entendimiento de la naturaleza de las pérdidas de agua
- b) Falta de apreciación de su impacto
- c) Pobre diseño de proyecto
- d) Subestimación de costos de reducción
- e) Falsear la información para obtener financiamiento
- f) No comprender que la reducción de pérdidas no es un problema técnico aislado, sino que está atado a la gestión y operación global de los activos, y que requiere de un compromiso de largo plazo. (Liemberger, 2006)

El Reino Unido sufrió una sequía sin precedentes en el noroeste de Inglaterra durante 1995 y 1996, y su única alternativa para mantener el suministro a la población de cerca de 7 millones de habitantes, era hacer ahorros significativos en fugas a través de un programa mayor de reducción. La industria del agua había iniciado un programa de investigación sobre manejo de fugas desde 1990, y uno de sus resultados más importantes fue el concepto “*componentes de fugas*” (Ver Tabla 4) y el método para su estimación. Mediante la utilización de estas técnicas las empresas de agua pudieron desarrollar una estrategia efectiva de reducción que les permitió mantener el abastecimiento durante la sequía (Pearson, 2004).

### 3.1.3. Priorización de acciones

Los programas exitosos de reducción de pérdidas de Macao, Murcia, Santiago, y Singapur, tuvieron en común que dirigieron sus esfuerzos iniciales a reducir pérdidas comerciales: identificación de usuarios, renovación del sistema informático comercial, remplazo de medidores defectuosos, e incremento sustancial del número de conexiones medidas. Aunque la reducción de fugas fue parte de los programas, se realizó después de reducir las pérdidas comerciales (Yepes, G., Diánderas, A., 1996).

En la ciudad de México se estableció un Programa de Uso Eficiente del Agua, en el que se priorizó la actualización de su catastro para poder realizar otras actividades como la detección y eliminación de fugas, la automatización del sistema hidráulico, y la rehabilitación, reposición y ampliación

de la infraestructura. Igualmente en el rubro de reducción de pérdidas comerciales se dio al censo de usuarios y su seguimiento (DGCOH, 1991).

En un estudio realizado en el sector Reynaco de la ciudad de México para proponer válvulas reguladoras de presión, la disminución de consumos de cerca del 15% debido a la instalación generalizada de medidores no se reflejaba de manera notable en los suministros a la red. Se explicó que probablemente esos ahorros habrían provocado aumento de presión en las tuberías y por tanto el correspondiente aumento de las fugas. Mencionaron también experiencias parecidas en otras ciudades del país, en donde al aislar un sector y reparar fugas, se midieron demandas mayores después de la reparación que antes de ella, explicando que la razón era la misma (Jiménez, 2008).

En México la inversión mediante programas federales ha permitido diversificar los esquemas de financiamiento, aunque todos los apoyos fiscales se destinan principalmente a lograr la mejora en la eficiencia de los sistemas de agua potable. Siendo esta la tendencia actual, los responsables de la prestación de los servicios, gradualmente van concentrando sus esfuerzos en la realización de acciones que les permitan incrementar sus eficiencias, tanto en la reducción del agua no contabilizada (ANC) como en el aumento de sus ingresos económicos por el servicio. Lamentablemente, no siempre se trabaja en el orden adecuado y las inversiones no reflejan los beneficios esperados, particularmente en lo que se refiere a la reducción de fugas y la eliminación de tomas no autorizadas (CONAGUA, 2007).

### 3.1.4. Sustentabilidad de los programas de reducción

Acerca de la sustentabilidad de los programas de reducción los logros alcanzados se pueden deteriorar fácilmente si no se mantiene un control estricto sobre la operación y mantenimiento y sobre los subsistemas comerciales. En Sao Paulo, Brasil las pérdidas variaron del 36% en 1977 al 26% en 1983, y al 37.5% en 1992. En Bogotá, Colombia, del 22.5% en 1975 al 40% en 1989. El control de pérdidas es una actividad permanente que no se debe desatender por parte de las áreas responsables, algunas de manera directa, y otras de indirecta. Principalmente no deben perderlo de vista los niveles gerenciales (Yepes, G., Diánderas, A., 1996).

Se recomienda apoyar *programas de uso eficiente del agua a nivel de cuenca*, con una participación perfectamente definida de todos los usuarios del agua (Arreguín, 1997). Esto es importante ya que si la demanda agrícola representa el 80% del total (CONAGUA, 2011), un ahorro del 2% significa 8% en los demás usos, cuya componente principal es el uso público urbano.

Cuando el servicio es tandeado hay mayor incidencia de rupturas en tuberías como resultado de los cambios de presión que se generan al abrir y cerrar válvulas diariamente, incrementando

las pérdidas de agua y el mantenimiento. En Nueva Delhi, que contaba con este tipo de servicio, el número de fugas en tuberías era 21 veces más alto que el de sistemas bien operados y con servicio continuo de Asia. Esto sin contar que el servicio intermitente requiere de más personal para estar maniobrando las válvulas (Yépes, 2000). A este respecto se debe decir que el cambio de intermitente a continuo es factible sólo después de que las redes se han rehabilitado, de otra manera las pérdidas físicas por fugas se incrementarían.

La operación y mantenimiento (O & M) de los servicios de agua potable y saneamiento son de las funciones más descuidadas, cuando debiesen ser el punto de partida para mejorar su eficiencia. El momento más oportuno para la introducción de programas de O & M es la etapa de planeación de los proyectos. Cuando se deja hasta el último, una vez que los presupuestos han sido repartidos, la O & M es con frecuencia olvidada o ignorada (Kazuaki, M., & Farley, M., 2004).

A nivel nacional, los grandes organismos operadores, con mayores eficiencias físicas, han descentralizado las funciones de mantenimiento a través de distritos regionales, lo que les permite, entre otras ventajas, dar mayor rapidez a la reparación de fugas (1ª y 2ª Reunión Nacional de Organismos Operadores de Agua Potable y Saneamiento, 2010 y 2011).

## 3.2. Balance de agua

Antes de planificar y aplicar acciones de reducción y control de pérdidas comerciales (aparentes) y pérdidas físicas (reales), es menester evaluar el nivel en que se encuentran. Para ello se aplica lo que se denomina un balance de agua, que es un procedimiento para evaluar pérdidas físicas y comerciales en un organismo operador, en el que se tiene una clara definición de sus componentes, y una terminología común internacional.

En la Tabla 3.1 se presenta el método estándar internacional de la IWA (International Water Association), con el formato y los términos estandarizados para realizar el balance, en uno o más sectores de un sistema de abastecimiento (Lambert, 2002).

Incluye los siguientes términos: pérdidas reales, pérdidas aparentes, pérdidas de agua, y agua no rentable (ANR), expresados generalmente en m<sup>3</sup>/año. El consumo autorizado no cobrado es parte del ANR, pero no parte de las pérdidas de agua. Cuando los datos originales se tengan con otra terminología y otros formatos, se deben pasar a éste para poder usarlos también en el cálculo de indicadores IWA.

La IWA no recomienda el uso del término Agua No Contabilizada (ANC) - "Unaccounted For Water (UFW)" y si se usa debe definirse y calcularse de la misma manera que el ANR (Lambert,

2002). Asimismo, el Banco Mundial (WB), al igual que se hace en México, denomina a las pérdidas reales como pérdidas físicas, y a las aparentes como pérdidas comerciales.

Cuando la proporción de usuarios no medidos (cuota fija) es significativa, es difícil completar el balance de agua con una exactitud razonable, por lo que en esos casos se recomienda determinar los consumos autorizados mediante muestreos de medición en un número suficiente de conexiones domiciliarias de varias categorías y subcategorías, estadísticamente representativos, o bien medir flujos totales en áreas aisladas de usuarios de perfil uniforme, también de varias categorías y subcategorías. En el segundo método, se resta del volumen total de entrada la demanda de fugas, la cual se determina a su vez del análisis de sub-componentes de demanda nocturna, haciendo los ajustes apropiados por variación de presión diurna.

Se observa en el balance que este estándar no especifica la determinación de errores de cuota fija en usuarios autorizados no medidos, sino la determinación misma de sus consumos. Asimismo, no se incluyen dentro de las pérdidas comerciales o aparentes a la cartera vencida y clientes morosos.

Tabla 3.1. Formato y terminología estándar internacional para el balance de agua (IWA).  
Fuente (Lambert, 2002).

A	B	C	D	E
Volumen que ingresa al sistema [m <sup>3</sup> /año] A3	Consumo autorizado [m <sup>3</sup> /año] A14=A10+A13	Consumo autorizado cobrado [m <sup>3</sup> /año] A10=A8+A9	Consumo medido cobrado (incluyendo agua exportada) [m <sup>3</sup> /año] A8	Agua rentable [m <sup>3</sup> /año] A20=A8+A9
			Consumo no medido cobrado [m <sup>3</sup> /año] A9	
		Consumo autorizado no cobrado [m <sup>3</sup> /año] A13=A11+A12	Consumo medido no cobrado [m <sup>3</sup> /año] A11	Agua no rentable (ANR) [m <sup>3</sup> /año] A21=A3-A20
			Consumo no medido no cobrado [m <sup>3</sup> /año] A12	
	Pérdidas aparentes [m <sup>3</sup> /año] A18=A16+A17	Consumo no autorizado [m <sup>3</sup> /año] A16		
		Inexactitudes de medición [m <sup>3</sup> /año] A17		
	Pérdidas de agua [m <sup>3</sup> /año] A15=A3-A14	Pérdidas reales [m <sup>3</sup> /año] A19=A15-A18	Fugas y derrames en tuberías de agua cruda y en procesos de potabilización (si aplica) [m <sup>3</sup> /año]	
			Fugas en tuberías de conducción y distribución [m <sup>3</sup> /año]	
			Fugas y derrames en tanques de almacenamiento de conducción y/o distribución [m <sup>3</sup> /año]	
			Fugas en conexiones domiciliarias aguas arriba del medidor [m <sup>3</sup> /año]	

La secuencia y procedimiento de cálculo del balance para evaluar el agua no rentable (ANR) y las pérdidas de agua, consta de los 9 pasos siguientes:

Se determina el *volumen que ingresa al sistema* y se anota en la columna A de la Tabla 3.1.

- 1) Se determina el *consumo medido cobrado* y el *consumo estimado cobrado* en la columna D; se anota el total en *consumo autorizado cobrado* (columna C) y *agua rentable* (columna E).
- 2) Se calcula el *volumen de agua no rentable* (columna E) como *volumen que ingresa al sistema* (columna A) menos *agua rentable* (columna E).
- 3) Se determina el *consumo medido no cobrado* y el *consumo estimado no cobrado* en columna D; Se transfiere el total a *consumo autorizado no cobrado* en columna C.
- 4) Se agregan los volúmenes de *consumo autorizado cobrado* y *consumo autorizado no cobrado* en columna C; se anota la suma como *consumo autorizado* en columna B.
- 5) Se calculan las *pérdidas de agua* (columna C) como la diferencia entre el *volumen que ingresa al sistema* (columna A) y el *consumo autorizado* (columna B).
- 6) Se estiman los componentes de *consumos no autorizados* y de *inexactitudes de medición* (columna D) mediante los mejores medios disponibles, y se anota su suma en *pérdidas aparentes* (columna C).
- 7) Se calculan las *pérdidas reales* (columna C) como *pérdidas de agua* (columna B) menos las *pérdidas aparentes* (columna C).
- 8) Se estiman los componentes de las *pérdidas reales* (columna D) mediante los mejores medios disponibles (análisis de gastos nocturnos, cálculos de frecuencia de fugas/gastos/duración, modelación, etcétera), se suman y se confrontan con el volumen de *pérdidas reales* en columna C).

### 3.2.1. Determinación de pérdidas reales por otros métodos

El método más utilizado para estimar el volumen de pérdidas reales es el balance de agua, aunque está siempre sujeto a imprecisiones debido a errores en los componentes individuales. Las desventajas de estimar estas pérdidas sólo mediante el balance son: a) No indica los valores de sus componentes, o cómo estos son influenciados por las políticas de operación, b) Cubre normalmente un periodo retrospectivo de 12 meses, por lo que tiene un valor limitado como sistema de alerta para la ocurrencia de nuevas fugas y roturas no reportadas. Por ello se recomienda que las pérdidas reales (físicas) se estimen también por los métodos de análisis de componentes y análisis de flujos nocturnos (Lambert, 2002). Ver Figura 3.1.

El análisis de componentes se describe en el apartado 3.4.2. Los flujos nocturnos, incluido el consumo mínimo nocturno, se detectan en redes sectorizadas, con servicio continuo. Los flujos

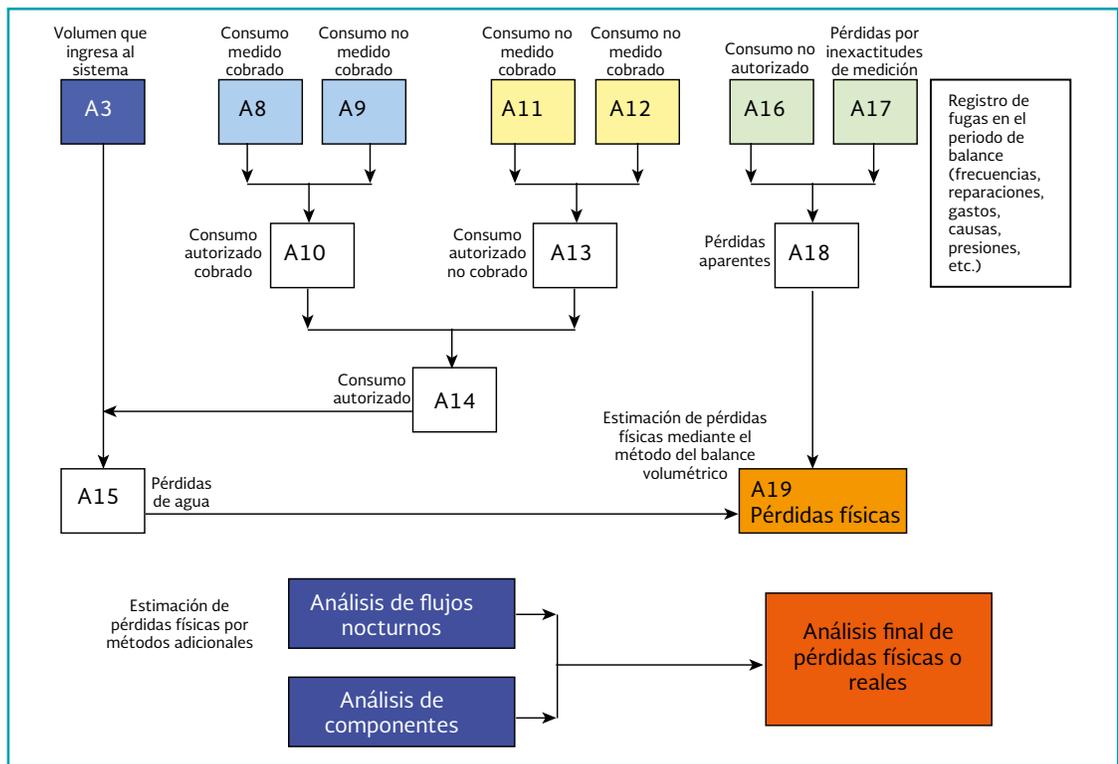


Figura 3.1. Métodos adicionales al balance de agua (flujos mínimos nocturnos y análisis de componentes) para evaluar pérdidas reales.

nocturnos medidos en sectores de alrededor de 3,000 conexiones domiciliarias son bastante útiles para identificar la existencia de fugas y roturas no reportadas, así como para estimar las pérdidas reales anuales promedio. Los consumos nocturnos se deben estimar y restar de los caudales de alimentación medidos a la entrada de la red o en la tubería de alimentación de los denominados distritos hidrométricos; las fugas nocturnas promedio ( $m^3/h$ ) se multiplican por un factor “noche – día” que depende de la variación promedio de la presión durante las 24 horas en cada sector (Lambert, 2002).

### 3.2.2. Auditoría y balance de agua

La auditoría de agua permite determinar las pérdidas de agua desde su captación y potabilización, hasta su distribución mediante las conexiones domiciliarias de los clientes. En la auditoría se detallan los diferentes consumos y las pérdidas en la infraestructura de abastecimiento a la población, mientras que el balance por su parte concentra los componentes en los que toda el agua ingresada al sistema de distribución debería - en teoría - ser igual a toda el agua consumida al sistema.

En su Manual de Prácticas de Suministro de Agua - M36, tercera edición, “Auditorías de agua y programas de control de pérdidas”, la American Water Works Association (AWWA), adopta la

terminología y el balance de agua de la IWA. Asimismo los Indicadores de desempeño para los servicios de suministro de agua, en cuyo desarrollo participó junto con la IWA en el año 2000.

### 3.2.3. Desglose de pérdidas aparentes (comerciales)

Para el planteamiento de acciones de reducción y control de pérdidas aparentes, conviene desglosar estas dos pérdidas, es decir, el consumo no autorizado y las inexactitudes de medición del balance (Tabla 3.1), al menos en las cuatro que se tratan en el apartado 3.4.2 (Cuatro acciones de reducción y control de pérdidas comerciales): sub medición, errores de lectura de consumos, errores de facturación, y robos (consumos no autorizados. Con este desglose se evalúa también el desempeño de las sub áreas comerciales en la realización de sus funciones y procesos básicos, con el fin de poder plantear acciones específicas de fortalecimiento y modernización, además de las acciones de reducción y control de estas pérdidas.

Para algunas de estas actividades, como la medición de consumos para evaluar errores del medidor, y otras, es necesario hacerlas a través de muestreos representativos, en los que se utilizan las ecuaciones siguientes (CONAGUA, 2017):

$$n = \frac{z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N - 1) + z^2 \sigma^2} \quad \text{Ecuación 3.1}$$

$$n = \frac{z^2 N p (1 - p)}{e^2 (N - 1) + z^2 p (1 - p)} \quad \text{Ecuación 3.2}$$

donde:

- $n$  = Tamaño de la muestra
- $N$  = Tamaño de la población (en este caso número de tomas registradas)
- $z$  = Valor que se toma de la distribución de Gauss para el nivel de confianza dado; para un nivel de confianza de 95%  $z$  es igual a 1.96, para 68.27%  $z=1.0$ . Para otros niveles de confianza los valores  $z$  se pueden encontrar en las tablas de la curva normal de la referencia dada, o de cualquier otra
- $p$  = Nivel esperado (por ejemplo de tomas conformes con el padrón)
- $e$  = El error máximo admisible (esto significa que si el resultado obtenido es  $r$ , el resultado real está en el rango de  $r-e$  a  $r+e$ . Ejemplo: si  $e$  es igual a 5% y la verificación en campo sobre la muestra calculada por la Ecuación 3.2 resulte en 78% de tomas conformes con el padrón, entonces entre 73% y 83% de las tomas del padrón completo están conformes con el mismo)

Con la Ecuación 3.1 se determina la muestra para calcular un valor medio, por ejemplo del consumo de tomas de cuota fija mediante un medidor nuevo certificado. En esta ecuación se utiliza la desviación estándar  $\sigma$ , que es generalmente desconocida, por lo que se utiliza la estima muestral  $s$ , como una aproximación satisfactoria para  $n \geq 30$ , siendo  $s$  la desviación estándar de la serie de números  $X$  (Spiegel M., 1970). Esta puede tomarse de algún estudio anterior de consumos en que se hayan determinado su media y su desviación estándar.

Con la Ecuación 3.2 se determina la muestra para calcular una proporción o porcentaje, por ejemplo de medidores que satisfacen NOM-012-SCFI-1994 (SECOFI, 1994). Continuando con el ejemplo de los medidores, puede existir también la necesidad de conocer el error medio de medición. En este caso el tamaño de la muestra se determina con la Ecuación 3.1, que generalmente resulta menor que la obtenida con la Ecuación 3.2. Sin embargo, tanto para determinar el porcentaje de medidores que satisface la NOM-012-SCFI-1994, como para determinar el error medio de medición, se aplica la misma prueba. Por esto de los resultados de la primera muestra se pueden inferir ambos valores.

Ejemplo:

Tamaño de muestra para evaluar el padrón de usuarios: Para un padrón mayor a 99,999 tomas, un máximo porcentaje de error aceptable del 5%, un nivel esperado de tomas conformes con el padrón, del 50% , y un nivel de confianza deseado del 95%, aplicando la Ecuación 3.2 resulta un tamaño de muestra de 383 tomas (CONAGUA, 2017).

### 3.2.3.1 Consumos no autorizados

Se evalúa el desempeño en el control de usos no autorizados (clandestinaje, derivaciones, fraudes). Caso especial es el de los usuarios no registrados, y el de usuarios registrados con tomas ocultas, que no son poco comunes. La evaluación se facilita si hace en sectores aislados funcionado como distritos hidrométricos. Ver 3.4.2. Se puede realizar un muestreo aleatorio de predios, con o sin toma registrada, en el que se investigue alguna de estas posibilidades, mediante entrevistas, encuestas, sondeos, etcétera. Se determina primero una muestra representativa conforme a lo descrito. Esta se debe seleccionar aleatoriamente en las listas del catastro predial del municipio de que se trate, que se deben recabar en las oficinas correspondientes.

Opciones preliminares son: comparativa con el catastro predial, con usuarios de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y de otros servicios; asimismo mediante análisis de estadísticas del número de nuevas tomas por día, por mes y por año, cancelaciones, bajos consumos. Se puede acudir al conocimiento de los lecturistas sobre las rutas que cubren, así como a la experiencia de

los operadores de válvulas, quienes pueden tener información de consumos no autorizados en sus zonas de operación.

### 3.2.3.2 Usos diferentes al contratado

Esta actividad se encamina a evaluar la confiabilidad del padrón de usuarios. Se determina mediante una muestra representativa que se selecciona aleatoriamente del mismo padrón para que mediante recorridos de campo se confronten los datos reales de los predios seleccionados con los asentados en la base de datos. Es común encontrar que el usuario registrado ya no es el usuario actual, y no ha procedido a realizar los cambios respectivos.

Posibles hallazgos de esta investigación de campo serían los siguientes: Clase de usuario diferente al contratado, por ejemplo comercial con contrato doméstico, que aunque no existiría en este caso pérdida de agua, significa pérdida de ingreso debido a que las tarifas comerciales son mayores a las domésticas; cuenta vigente en viviendas deshabitadas. Esto puede generar cartera vencida inviable de recuperar; propietario actual diferente al que hizo el contrato; predio con domicilio distinto al indicado en el contrato: datos de medidor diferentes a los del padrón. Otros.

Los datos a verificar del padrón en campo, incluyen: los datos del usuario, clase de toma (doméstica, comercial, industrial, pública), el giro en caso de ser comercial, sector y ruta. Asimismo datos del medidor de consumos: marca, modelo, año de fabricación, número de serie, designación (N m<sup>3</sup>/h), diámetro nominal (DN (mm), y clase (A, B, C). También se evalúa la toma de lecturas, la entrega de recibos de pago a tiempo, e identificación de posibles derivaciones o tomas ocultas. Uno de los aspectos más importantes a confirmar es la correspondencia entre cada usuario y la dirección del predio registrado, así como la vigencia de la cuenta contratada. Se pueden tener alternativas que pudieran arrojar mejores resultados, como es seleccionar los predios directamente en un Sistema de Información Geográfica, con lo cual se corroborarían los predios baldíos, pero incluso los predios con toma domiciliaria no registrada.

A partir de las diferencias encontradas en la muestra verificada se puede establecer un % de confiabilidad de los datos del padrón, y por tanto las necesidades de actualización.

### 3.2.3.3 Errores de Medición de consumos

Para evaluar el funcionamiento de los aparatos de medición a través de la prueba de errores, como en los dos casos anteriores primero se determina un tamaño de muestra representativo y luego se hace la selección aleatoria del mismo padrón, para que mediante recorridos de campo se realicen las pruebas que se describen.

Para la selección aleatoria de la muestra determinada primero se hace la separación de tomas con medidor menor a una pulgada de diámetro, en las cuales se aplican las pruebas descritas en este apartado del manual. En las mayores no necesariamente se tiene que hacer una selección aleatoria. Las pruebas se realizan conforme a la NOM-012-SCFI-1994 (SECOFI, 1994), que establece como límites permisibles  $\pm 5\%$  en el campo inferior, comprendido entre el gasto mínimo  $q_{min}$  incluido y el gasto de transición  $q_t$  excluido; y  $\pm 2\%$  en el campo superior, comprendido entre  $q_t$  incluido y el gasto de sobre carga  $q_s$  incluido. Los gastos  $q_{min}$  y  $q_t$  dependen de la clase metrológica A, B y C, y de la designación del medidor N en  $m^3/h$ .

Conforme a la misma norma se define el gasto permanente,  $q_p$  [ $m^3/h$ ], como el gasto al cual se requiere que el medidor opere de manera satisfactoria bajo condiciones de flujo estable o intermitente, y que se determina con relación al valor numérico de la designación del medidor. Asimismo gasto de sobre carga  $q_s$  [ $m^3/h$ ] definido como el gasto al cual se requiere que el medidor opere de manera satisfactoria por un corto periodo de tiempo sin deteriorarse; su valor es igual al doble del gasto permanente.

Las pruebas en campo pueden verse afectadas por diversas circunstancias, por lo que un solo ensayo en cada gasto podría sesgar los resultados. De hecho estas mismas pruebas en condiciones controladas de laboratorio se realizan tres veces para asegurar resultados confiables. Con los datos de prueba del medidor y de la medida volumétrica patrón se determinan los gastos reales de prueba y los errores respectivos.

Los equipos de prueba en sitio son: probador portátil con medidor de gasto volumétrico, manómetro y válvulas para establecer los gastos de prueba, medida volumétrica certificada conforme a la NOM-042-SCFI-1997 (SECOFI, 1997), nivelador, cronómetro.

El cálculo de errores se realiza conforme a la expresión siguiente según la NOM-012-SCFI-1994:

$$Em = \frac{V_i - V_c}{V_c} \% \quad \text{Ecuación 3.3}$$

Dónde:

- $Em$  = Error de medición
- $V_c$ : = Valor convencionalmente verdadero del volumen (medida volumétrica).
- $V_i$  = Valor indicado por el medidor bajo prueba

De los resultados obtenidos en los medidores de la muestra se determina el error promedio de medición de consumos. Este se aplica al volumen de consumo total medido en el periodo establecido, para estimar las pérdidas comerciales por submedición.

Mediante la misma muestra determinada de medidores se puede verificar si el tipo y clase del aparato instalado en cada uno de los predios seleccionados, y principalmente su capacidad, son adecuados a los gastos derivados del consumo mensual, la continuidad del servicio, las presiones, las instalaciones prediales (cisternas, tinacos), calidad del agua (arenillas, fierro y manganeso, etcétera), y otras condiciones de sitio.

### *Grandes consumidores*

En estos casos se hace lo que se denomina una auditoría al medidor permanente mediante un medidor portátil con certificado de calibración vigente, que registre los consumos cada cierto tiempo, por ejemplo 10 min, durante 24 horas. También se van haciendo registros en el medidor permanente. La auditoría incluye una inspección para descartar posibles desvíos o conexiones ocultas. Se trata de una comparativa entre ambos medidores, ya que a menos que se utilice un medidor portátil con exactitud sensiblemente mayor a la del permanente, no se podrá decir que se están determinando errores de medición de éste.

Esta comparativa es para verificar: la variación horaria de consumos por parte del alto consumidor; si el dimensionamiento del medidor permanente es adecuado, que el medidor permanente se comporte de manera similar al portátil, las diferencias de volumen acumulado entre ambos medidores, y que estas sean razonables en función del tipo de medidores, si el medidor permanente está midiendo bien, o requiere alguna verificación en laboratorio y ajuste, o incluso su cambio, posibles desvíos y otras irregularidades, etcétera.

#### **3.2.3.4 Errores de toma de lecturas**

Independientemente de la confiabilidad de los aparatos de medición, existe siempre la posibilidad de que voluntaria o involuntariamente los consumos reportados y capturados de la toma de lecturas, no concuerden con los volúmenes reales de los medidores, para el mismo periodo de facturación. Por ello, además de evaluar los medidores de consumo se debe evaluar también la toma de lecturas, tanto en su procedimiento documentado, como en campo.

Se recomienda realizar la toma de dos lecturas a una muestra representativa de usuarios con medidor; una al momento de realizar la prueba de errores, y otra 10 o 15 días después. Se analizan los resultados para comparar los consumos proyectados al mes o al bimestre, con los consumos reportados por los lecturistas, y, en su caso, se determina un error promedio en la toma lecturas.

El error promedio, en su caso, se aplica también al volumen de consumo total medido en el periodo establecido, para estimar las pérdidas comerciales de facturación por error de toma de lecturas.

### *Consumos de cuota fija*

Si la cobertura de medición de consumos no es del 100%, será necesario evaluar los consumos asignados para los usuarios de cuota fija, con el fin de determinar las posibles pérdidas comerciales de facturación en este tipo de tomas, y poder establecer la prioridad de instalación de medidores por zonas, su rentabilidad y otros aspectos de su planificación. Sólo para fines de balance y planeación de acciones de mejora de eficiencia comercial, pues no se aconseja la cuota fija, debido a las desventajas que presenta, entre otras la falta de control de consumos, que impacta en los planes de distribución del aérea operacional.

### **3.2.3.5 Errores de facturación**

Al subsistema de facturación y cobranza le competen las funciones de facturación, recaudación, y de cobranza de cartera vencida, con apoyo de otras áreas del organismo operador, como es la jurídica. Estas deben evaluarse para identificar oportunidades de mejora.

#### *Validación de captura de consumos*

Otra de las tareas del proceso comercial que se debe evaluar es la captura de consumos medidos y el procedimiento para verificar que los valores sean consistentes. Si se hace transmisión de lecturas al momento que se toman con terminales remotas (hand helds), o bien si la información se descarga directamente de estos equipos al sistema informático comercial, los errores de captura se eliminan. Asimismo si se hace lectura remota con equipo de toque o con vehículo en marcha, y más aún si el sistema de medición incluye red fija para la transmisión de datos de consumo al sistema informático.

Finalmente esta es la tendencia de modernización de los sistemas de medición de consumos, los cuales minimizan los riesgos de errores y hacen mucho más eficientes las tareas del sistema comercial de los organismos operadores de agua potable y saneamiento.

#### *Evaluación del procesamiento de datos y su facturación*

En esta fase los datos de volúmenes de facturación se combinan con las tarifas respectivas para obtener montos de facturación, o bien recibos de pago que deben indicar el volumen consumido por cada usuario, y el monto a pagar, pasando del proceso de facturación al de recaudación.

El objetivo de esta actividad es verificar que una vez revisados los consumos y su captura en el sistema informático, se apliquen las tarifas que a cada clase y subclase de usuarios corresponde,

ya que de otra manera desde esta tarea se estarían teniendo pérdidas, tanto en montos de facturación como en montos de recaudación. Finalmente, se obtienen y analizan los registros de volúmenes y montos de facturación y recaudación. Asimismo los registros de morosidad y cartera vencida, que en cuanto a tiempo de antigüedad son todavía viables de recuperación.

### 3.3. Indicadores del desempeño

#### 3.3.1. Indicadores IWA

En la Tabla 3.2 se presentan los indicadores de recursos hídricos, operacionales (técnicos) y financieros, mediante los que el balance IWA evalúa la gestión de pérdidas de agua a través de tres diferentes enfoques: financiero, técnico, y de recursos hídricos. Hace énfasis en intentar separar las pérdidas de agua en pérdidas aparentes y pérdidas reales o físicas, para poder calcularlos.

Tabla 3.2. Indicadores de pérdidas de agua IWA (2006).

Indicadores	Cálculo	Observaciones
Indicadores de recursos hídricos de pérdidas		
WR1: Ineficiencia del uso de recursos hídricos	$WR1=(A19/A3)\times 100$ A3: Volumen de entrada al sistema (m <sup>3</sup> ) A19: Pérdidas reales (m <sup>3</sup> )	Indicador ambiental, no apropiado para estimar la eficiencia de la gestión técnica de los sistemas de distribución.
Indicadores operacionales de pérdidas		
Op23: Pérdidas de agua por toma domiciliaria (m <sup>3</sup> /toma domiciliaria/año)	$Op23=(A15\times 365/H1)/C24$ A15: Pérdidas de agua (m <sup>3</sup> ) C24: Tomas domiciliarias (No.) H1: Periodo de estimación (días)	
Op26: Pérdidas aparentes (%)	$Op26=(A18/A3)\times 100$ A18: Pérdidas aparentes (m <sup>3</sup> )	
Op27: Pérdidas reales (litros/toma domiciliaria/día cuando el sistema está presurizado)	$Op27=A19\times 1000/(C24\times H2/24)$ H2: Tiempo en que el sistema está presurizado durante el periodo de estimación (horas).	Tiene en cuenta el servicio tandeado. CARL (Current Annual Real Losses)
Op29: ILI Índice de fugas en la infraestructura (Infrastructure leakage Index) $ILI = \frac{CARL}{UARL}$	$Op29=Op27/(18\times C8/C24+0.8+0.025\times C25)/(D34/10)$ C8: Longitud de tuberías (km) C25: Longitud promedio de tomas (m) D34: Presión promedio de operación (kPa)	El nivel mínimo de pérdidas reales técnicamente alcanzable es igual a la mejor estimación de las llamadas Pérdidas Reales Inevitables promedio (UARL, Unavoidable Average Real Losses). De acuerdo con la IWA este indicador no reúne algunos requisitos para sus indicadores de gestión.
Indicadores económicos y financieros de pérdidas		
Fi46 Agua no rentable por volumen (%)	$Fi46=(A21/A3)\times 100$ A21: agua no rentable (m <sup>3</sup> )	A partir del balance

\*No deben estimarse para periodos menores de un año, y si es así se debe tener cuidado en su interpretación, no debiéndose utilizar para hacer comparaciones externas.

### 3.3.2. Indicadores de eficiencia

La Figura 3.2 muestra gráficamente el alcance de los indicadores de eficiencia. Se muestra que el volumen entregado a las redes de distribución es menor al volumen producido, debido a las pérdidas físicas que se tienen de un punto a otro, principalmente en la conducción, por lo que se puede hablar de una eficiencia de conducción. Pero también se observa que el volumen distribuido o consumido por los usuarios, registrados y no registrados, es menor al entregado a las redes, por lo que se puede establecer una eficiencia de distribución, y de estas dos una eficiencia física. Siguiendo con este mismo criterio, se observa que el volumen que se factura es menor al que se consume, y se puede hablar de una eficiencia de facturación.

Finalmente, el volumen cobrado es menor al facturado, teniendo una eficiencia de cobro o recaudación, y de estos últimos la eficiencia comercial, la cual depende de la eficiencia física del sistema operacional, y de la eficiencia del sistema comercial. En este sentido las eficiencias de ambos sistemas están ligadas y no se pueden separar del todo. La Figura 3.3 muestra unas variantes que dan lugar a otras definiciones de eficiencia física y comercial. Ver en la Tabla 3.3 la descripción de los indicadores de eficiencia y las ecuaciones para su evaluación.

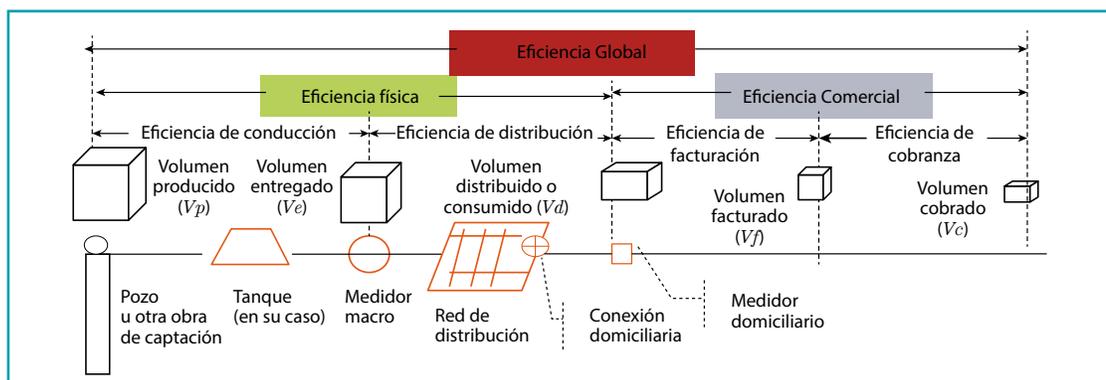


Figura 3.2. Eficiencia física, comercial y global.

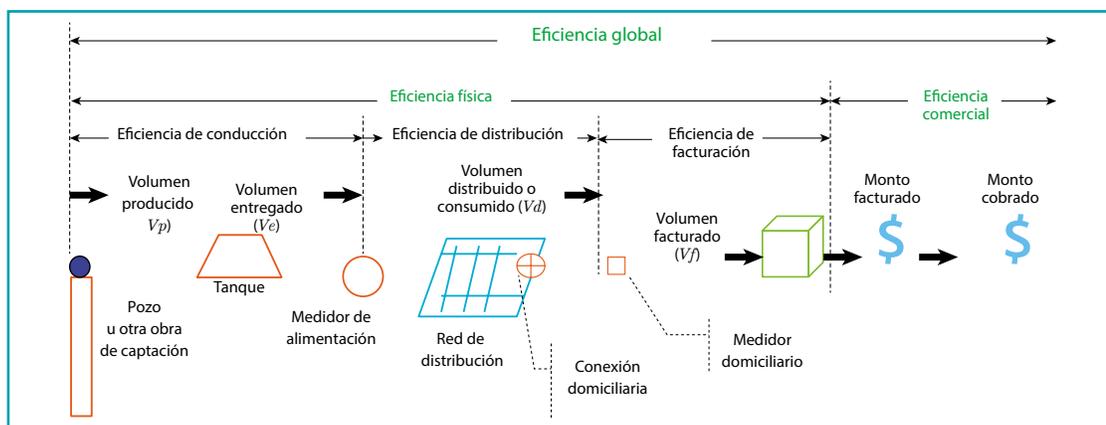


Figura 3.3. Variantes de indicadores de eficiencia física y comercial.

Tabla 3.3. Indicadores de eficiencia.

Concepto	Ecuación	Comentarios
Eficiencia física	<p>Ecuación 3.4</p> $E_{fis} = \frac{V_d}{V_p} \times 100$	Vd: Volumen distribuido o consumido Vp: Volumen producido
Eficiencia comercial	<p>Ecuación 3.5</p> $E_{comer} = \frac{V_c}{V_d} \times 100$	Vc: Volumen cobrado
Eficiencia global	<p>Ecuación 3.6</p> $E_{global} = \frac{V_c}{V_p} \times 100$	En las ecuaciones anteriores se puede ver que la eficiencia global es también igual al producto de la eficiencia física por la eficiencia comercial.
Eficiencia de conducción (Ec)	<p>Ecuación 3.7</p> $E_c = 100 \left( \frac{V_e}{V_p} \right)$	Ve = volumen entregado a la red en un periodo determinado; un año para balance.  Se recomienda medir caudales en extremos de líneas y puntos intermedios para identificar posibles fugas y conexiones no autorizadas (sectorización de líneas de conducción).
Volumen producido en función de Ve y pfl	<p>Ecuación 3.8</p> $V_p = V_e + P_{f1}$	Pf1 = Volumen de pérdidas por fugas en líneas de conducción en el periodo
Eficiencia de distribución (Edis)	<p>Ecuación 3.9</p> $E_{dis} = 100 \left( \frac{V_d}{V_e} \right)$	(Vd): Volumen total que se suministra a los usuarios en un periodo, registrados y no registrados (volumen distribuido o consumido).  El problema principal para determinar Vd son los usuarios no registrados, de los cuales habría que estimar sus consumos. Edis se ve afectada por fugas visibles y no visibles en tuberías, conexiones domiciliarias, y en cajas de válvulas (Pf2).
Volumen entregado, en función de Vd y pf2	<p>Ecuación 3.10</p> $V_e = V_d + P_{f2}$	Pf2 = Volumen de pérdidas totales por fugas en red, incluyendo fugas en tomas domiciliaria y en cajas de válvulas.  Proporciona una alternativa para determinar Vd, conociendo las otras variables. Ve se determina mediante la medición en los puntos de entrega a las redes, mientras que Pf2 mediante un muestreo de estas pérdidas. También se puede estimar Vd mediante datos de población y consumos unitarios, y una más a través de la Ecuación 3.11.
Eficiencia de facturación	<p>Ecuación 3.11</p> $E_{fac} = 100 \left( \frac{V_f}{V_d} \right)$	Vf = Volumen facturado Suma de los consumos medidos más los consumos estimados de cuota fija.
Volumen distribuido en función de Vf y Pf3	<p>Ecuación 3.12</p> $V_d = V_f + P_{f3}$	Pf3 = Volumen de pérdidas de facturación Consumos no autorizados, submedición, errores de cuota fija, errores en la toma de lecturas, errores en su descarga al sistema informático, y otros.
Eficiencia física 2	<p>Ecuación 3.13</p> $E_{fis2} = 100 \left( \frac{V_f}{V_p} \right)$	Ver Figura 3.3. La eficiencia física se extiende de la producción a la facturación. Producto de Ec, Edis y Efac; más fácil de evaluar, ya que los valores de Vp, y Vf están más a la mano.

Tabla 3.3. Indicadores de eficiencia. (Continuación)

Concepto	Ecuación	Comentarios
Agua no contabilizada	Ecuación 3.14 $ANC = Pf_1 + Pf_2 + Pf_3$	Aplicado de la entrada a la salida del proceso de prestación del servicio, comprende las pérdidas totales.
Volumen producido en función de Vf y ANC	Ecuación 3.15 $Vp = Vf + ANC$	De esta relación, se determina el ANC conociendo antes Vp y Vf,
ANC en %	Ecuación 3.16 $ANC = \left[ \frac{Vp - Vf}{Vp} \right] 100$	
Eficiencia comercial 2, en volúmenes	Ecuación 3.17 $Ecomer_2 = \left[ \frac{Vc}{Vf} \right] 100$	Ver Figura 3.3 y Figura 3.2. Equivale a una eficiencia de recaudación.
Volumen facturado en función de Vc y Pr	Ecuación 3.18 $Vf = Vc + Pr$	Pr= Volumen de pérdidas de recaudación. Consumos no pagados a tiempo (morosos), o en cartera vencida.
Eficiencia comercial 2, en montos	Ecuación 3.19 $Ecomer = \frac{\$ cobrado}{\$ facturado}$	Ver Figura 3.3. Equivale a una eficiencia de recaudación. Se tienen más a la mano los montos facturados y los montos cobrados.

### 3.3.3. El problema de los indicadores en porcentaje

Cuando las pérdidas de agua son expresadas como porcentaje del volumen de entrada se tiene una influencia indebida del consumo y cambios en el consumo, como se muestra en la Figura 3.4. En el eje X se muestra el consumo por toma por día, variando de valores desde 250 L/ toma/ día (malta) hasta 8000 L/toma/día (Singapur). La línea curva representa pérdidas reales de 200 L/toma/día (el promedio del conjunto de datos internacionales). Dependiendo del consumo por toma, el mismo valor de pérdidas reales podría, en términos de %, ser de 44% a 2.4%. Cuando el consumo decrece, estacionalmente o anualmente, o debido a medidas de gestión de demandas, el % de pérdidas reales se incrementa incluso si el volumen de pérdidas reales permanece sin cambio. Cuando el consumo se incrementa, ocurre el efecto opuesto.

Además hay problemas de interpretación del % de pérdidas reales en situaciones de abastecimiento intermitente (tandeado), y en auditoria de metas futuras para pérdidas fijas en términos de porcentajes.

Ese es el problema de los indicadores de eficiencia, se expresan en términos de porcentajes respecto al volumen de ingreso a las redes, o el volumen producido.

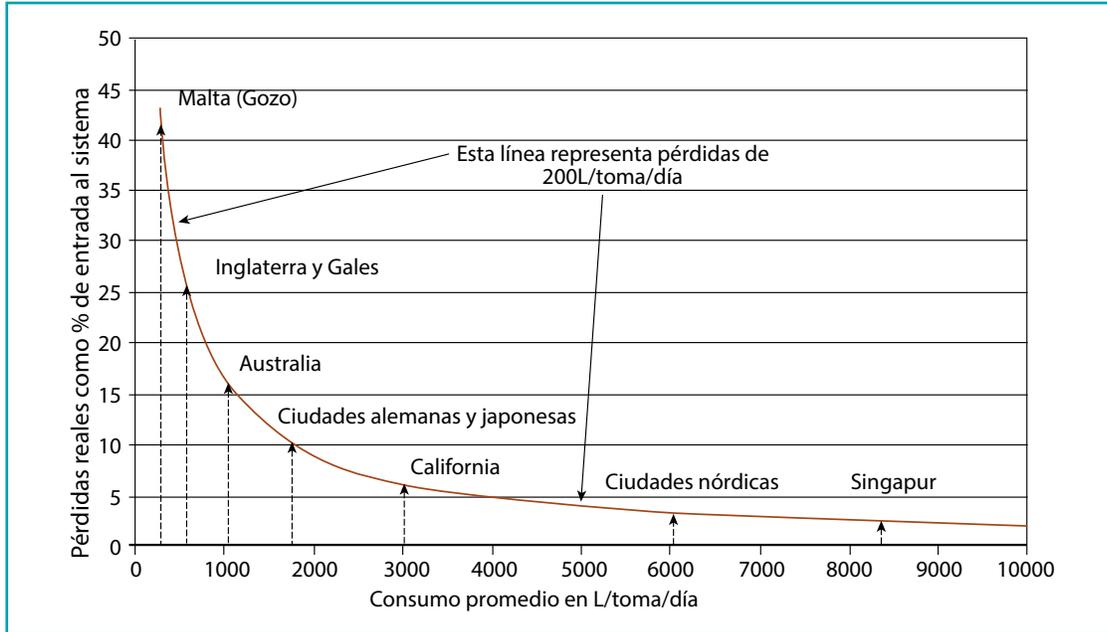


Figura 3.4. La influencia del consumo en las pérdidas reales expresadas como % del volumen de entrada al sistema. Fuente (Lambert, 2002).

### 3.4. Las cuatro acciones básicas de reducción y control de pérdidas

Aunque el tema es sobre el sistema comercial, eficiencia y pérdidas, su mejor entendimiento se da al tener un panorama global con las pérdidas físicas o reales. Entonces se presentan las cuatro acciones básicas de reducción y control de pérdidas físicas, y las cuatro acciones básicas de reducción y control de pérdidas comerciales.

#### 3.4.1. Cuatro acciones de reducción y control de pérdidas físicas

Conforme la infraestructura de abastecimiento envejece, hay una tendencia natural al de aumento de las pérdidas físicas (reales) a través de nuevas fugas y roturas, algunas de las cuales no se reportan a las empresas de agua; esa tendencia se controla mediante alguna combinación de los siguientes cuatro métodos o acciones principales, y la medida en que cada uno se aplique determina si el volumen de pérdidas anuales aumenta, disminuye o permanece igual (Lambert, 2002). Ver Figura 3.5:

- 1) **Gestión de tuberías y de Activos:** Consiste en las acciones de selección, instalación, mantenimiento, renovación, y remplazo. El número de nuevas fugas que surgen cada año depende principalmente de la gestión de tuberías a largo plazo. Se debe poner atención a la gestión de tomas domiciliarias, dada la ocurrencia de fugas en esas conexiones. Muchas ciudades padecen el envejecimiento de sus redes en sus zonas céntricas, que requieren principalmente su renovación.
- 2) **Control de Presión:** Puede influir en la frecuencia de las fugas nuevas y en los caudales de flujo de todas las fugas y roturas. Se hace generalmente a través de válvulas reductoras, sectorización, tanques de regulación, y otras técnicas.
- 3) **Rapidez y calidad de las reparaciones:** Esta acción limita la duración media de las fugas una vez reportadas y detectadas. Puede hacerse mediante la implantación de distritos regionales de mantenimiento, capacitación de brigadas, equipamiento, un centro de llamadas (call center), y otros.
- 4) **Control activo de fugas:** Controla la duración de las fugas no reportadas antes de ser localizadas. Consiste en las tareas de localización mediante brigadas que sondean continuamente las redes con un plan de trabajo definido (por ejemplo toda la red una vez por año), equipos detectores de fugas y otros como los registradores de ruidos de fugas, y en su caso alertadas por gastos mínimos nocturnos y variaciones anormales en los caudales de entrada en distritos hidrométricos (registrados por los equipos de macro medición), etcétera.

Conforme a la terminología de la IWA se tienen los siguientes conceptos asociados a las pérdidas físicas y a las acciones mencionadas:

- *Pérdidas reales anuales actuales (CARL):* Se obtienen mediante el balance de agua. Son representadas por el rectángulo mayor en la Figura 3.5.
- *Pérdidas reales anuales inevitables (UARL):* El menor volumen anual técnicamente alcanzable de las pérdidas reales en los sistemas bien mantenidos y bien gestionados. Se representa por el rectángulo más pequeño en Figura 3.5.
- *Pérdidas reales potencialmente recuperables:* La diferencia entre las UARL y las pérdidas reales anuales actuales (CARL).
- *Índice de fugas en la Infraestructura (ILI- Infrastructure Leakage Index):* Cociente de las pérdidas reales anuales actuales (CARL) entre las pérdidas reales anuales inevitables (UARL). El ILI mide

la eficacia con la que las actividades de reparación de fugas, control activo de fugas y manejo de tuberías y activos, se aplican a la infraestructura a la presión de operación actual.

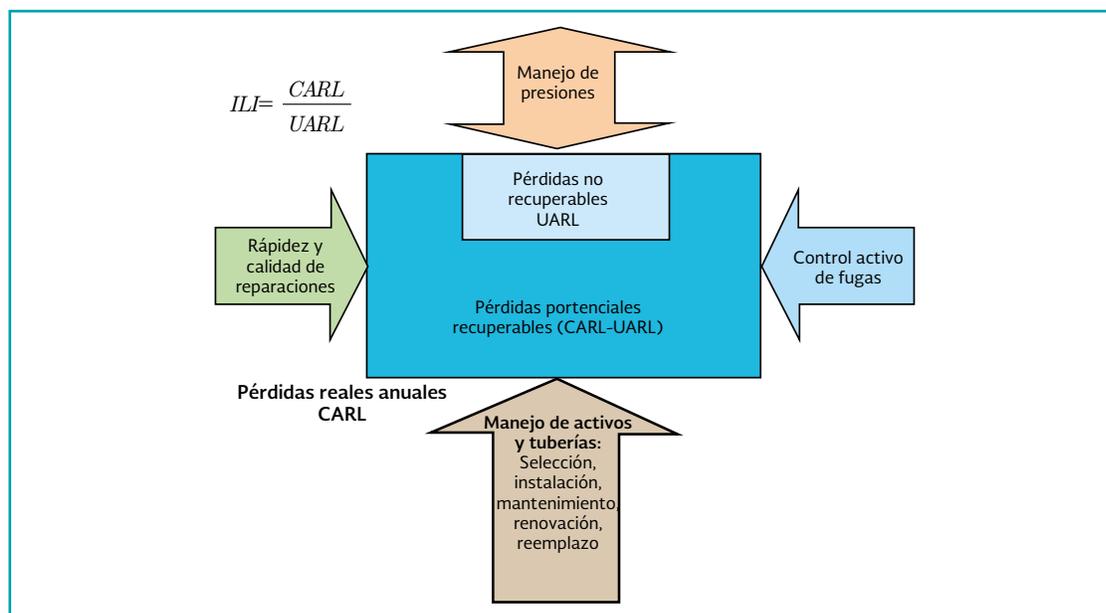


Figura 3.5. Los cuatro métodos de reducción y control de pérdidas físicas. Fuente: (Lambert, 2002).

Así como el ILI mide la eficacia de aplicación de las cuatro acciones básicas de control, permite también plantear las recomendaciones respectivas según el valor encontrado en cada caso. Para su cálculo se deben analizar y valorar las componentes de las fugas y luego las pérdidas no recuperables.

### 3.4.2. Análisis de componentes de fugas

En 1993 se desarrolló un concepto general aplicable internacionalmente llamado BABE, “Background and Bursts Estimates” (Estimaciones de fondo y de roturas), para calcular las componentes de pérdidas reales con base en los parámetros que los influyen (Lambert, 2002). Ver Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Componentes de pérdidas reales (BABE). Fuente: Lambert (2002).

Componentes de pérdidas reales BABE	Velocidades de flujo y duración
1. Fugas base o de fondo en uniones y accesorios.	Son pequeñas fugas no visibles con velocidades de flujo demasiado bajas para ser detectadas con equipos sónicos; actúan continuamente, y se consideran no recuperables.
2. Fugas y roturas reportadas.	Son aquellas fugas con velocidades de flujo típicamente altas pero de corta duración, debido a que por su magnitud generalmente se atienden de forma rápida.
3. Fugas y roturas no reportadas.	Son fugas con velocidades de flujo moderadas, cuya duración promedio depende del método de control activo de fugas, es decir de las acciones de detección. Dependen también de las políticas de operación.

### 3.4.2.1 Cálculo de las pérdidas reales inevitables UARL y del ILI

A partir de análisis de los parámetros anteriores para un sistema bien manejado y con infraestructura mantenida en buenas condiciones, la IWA obtuvo los siguientes valores de las componentes de pérdidas inevitables UARL, y la expresión para su cálculo (Lambert, 2002):

- En tuberías: 18 L/km de tubería/día/m de presión
- En tomas domiciliarias: 0.8 L/toma/día/m de presión
- En tubería de la toma entre el límite de la propiedad y el medidor: 25 L/km/día/ m de presión

$$UARL=(18xLm + 0.8Nc + 25xLp)xP \quad \text{Ecuación 3.20}$$

Donde  $Lm$  es la longitud de las tuberías en  $km$ ,  $Nc$  es el número de conexiones domiciliarias,  $Lp$  es la longitud total en  $km$  de la tubería subterránea (de la conexión) entre la esquina de la calle y el medidor del usuario,  $P$  es la presión promedio de operación en  $m$ .

La fórmula para calcular las UARL puede ser aplicada en sistemas con más de 5,000 conexiones domiciliarias, más de 25 mca de presión, y más de 20 conexiones domiciliarias por  $km$  de tubería. Sin embargo hay otras consideraciones para su aplicación en condiciones diferentes (Lambert, A. O, Fantozzi, M, 2005).

Habiendo determinado los valores de CARL y UARL, se estará en condiciones de calcular el ILI correspondiente.

### 3.4.2.2 Aplicación del ILI en la planeación de las acciones de reducción y control

El criterio general para planificar las cuatro acciones de reducción de pérdidas por fugas con base en el valor del ILI, involucra la continuidad de presión en las redes, así como el valor medio de la misma. En la Tabla 3.5 se indica la calificación de la empresa u organismo de agua y las recomendaciones generales, según el ILI obtenido. Asimismo, de acuerdo al Instituto del Banco Mundial (WBI) en la Tabla 3.6 se establecen recomendaciones complementarias a las anteriores, que permiten entre ambas establecer un primer planteamiento de acciones de reducción.

Según lo indicado en la Tabla 3.6, los organismos operadores que se encuentren en la banda D requerirán de un plan de 5 años para pasar a la banda C, y otros 5 para la B, lo que da una idea de la magnitud del trabajo requerido para llevar a un organismo a un buen nivel de pérdidas en condiciones adecuadas de continuidad y presión en el servicio.

Tabla 3.5. Gestión de pérdidas según el valor del ILI y las directrices del WBI\*.

Países en desarrollo	Países desarrollados	Banda	ILI calculado para el sistema en cuestión	Descripción general de categorías de gestión para el manejo de pérdidas físicas
Rango de ILI	Rango de ILI			
Menos de 4	Menos de 2	A		La reducción adicional de pérdidas puede ser antieconómica, a menos que haya escasez; se requiere de un análisis cuidadoso para identificar un mejor costo-beneficio.
4 a <8	2 a <4	B		Hay un potencial marcado de mejoramiento; considerar manejo de presiones, mejorar prácticas de control activo de fugas, y mejorar el mantenimiento de redes.
8 a <16	4 a <8	C		Pobre registro de fugas; tolerable sólo si el agua es abundante y barata; aún en esos casos se debe analizar el nivel y naturaleza de las fugas, e intensificar los esfuerzos de reducción.
16 o más	8 o más	D		Muy ineficiente uso de recursos; son imperativos y de alta prioridad los programas de reducción de fugas.

\*WBI: World Bank Institute.

Tabla 3.6. Recomendaciones de reducción del WBI según el ILI.

Recomendaciones del WBI	Bandas			
	A	B	C	D
1. Investigar opciones de manejo de presiones	Sí	Sí	Sí	
2. Investigar rapidez y calidad de reparaciones	Sí	Sí	Sí	
3. Revisar frecuencia económica de intervención	Sí	Sí		
4. Introducir/mejorar control activo de fugas		Sí	Sí	
5. Identificar opciones para mejorar mantenimiento		Sí	Sí	
6. Estimar nivel económico de fugas	Sí	Sí		
7. Revisar frecuencia de fallas de fugas		Sí	Sí	
8. Revisar política de manejo de activos		Sí	Sí	Sí
9. Tratar con deficiencias en personal, entrenamiento, y comunicaciones			Sí	Sí
10. Plan de 5 años para alcanzar la banda siguiente			Sí	Sí
11. Fundamental una revisión profunda de todas las actividades				Sí

### 3.4.3. Cuatro acciones de reducción y control de pérdidas comerciales

Un criterio para controlar las pérdidas comerciales o aparentes, es decir el agua que está siendo consumida pero que no está siendo pagada, establece que están constituidas por cuatro componentes: 1) Sub medición, especialmente en caudales bajos), que tiende a incrementar con el tiempo a medida que el medidor se degenera; 2) robo de agua, que consiste usualmente en derivaciones antes del medidor, conexiones ilegales, daño deliberado al medidor; 3) errores de lectura en medidores, que consisten en equivocaciones, o lecturas incorrectas deliberadas (inventadas); 4) errores de contabilidad del agua, que consisten en anomalías de facturación, tales como estimaciones de cómputo que no reflejan los valores de consumo. Ver la Figura 3.6. De manera similar al IRI en pérdidas reales (físicas) este criterio propone un valor base del 5% del agua facturada como referencia para las pérdidas aparentes. El indicador de desempeño de estas pérdidas sería el ALI (Apparent loss Index) como lo muestra la Ecuación 3.4 (Rizzo, A. et al, 2013).

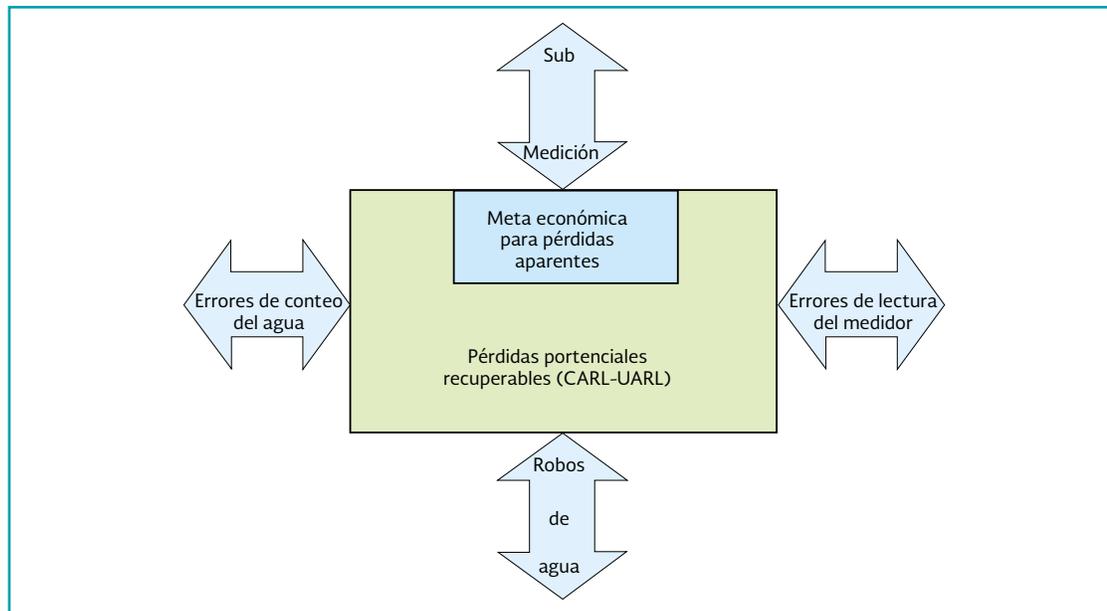


Figura 3.6. Las cuatro componentes de pérdidas de agua aparentes (comerciales).  
Fuente (Rizzo, 2007)

$$ALI = \frac{\text{Valor de pérdidas aparentes}}{5\% \text{ de agua facturada}}$$

Ecuación 3.4

### 3.4.3.1 Estrategia de control de pérdidas comerciales

La estrategia propuesta (Rizzo, A. et al, 2013) enfatiza que las pérdidas aparentes no son sólo multidimensionales, sino que son además dinámicas por naturaleza. Por ejemplo el reemplazo de medidores cada cinco años, resolverá parte del problema, pero los medidores restantes siguen envejeciendo. Asimismo, mejorar la lectura de medidores al agregar disciplina a los lecturistas puede reducir los errores pero puede además reducir los robos de agua. Por tanto se debe implementar una estrategia integrada de pérdidas aparentes, como se ejemplifica en la Figura 3.7.

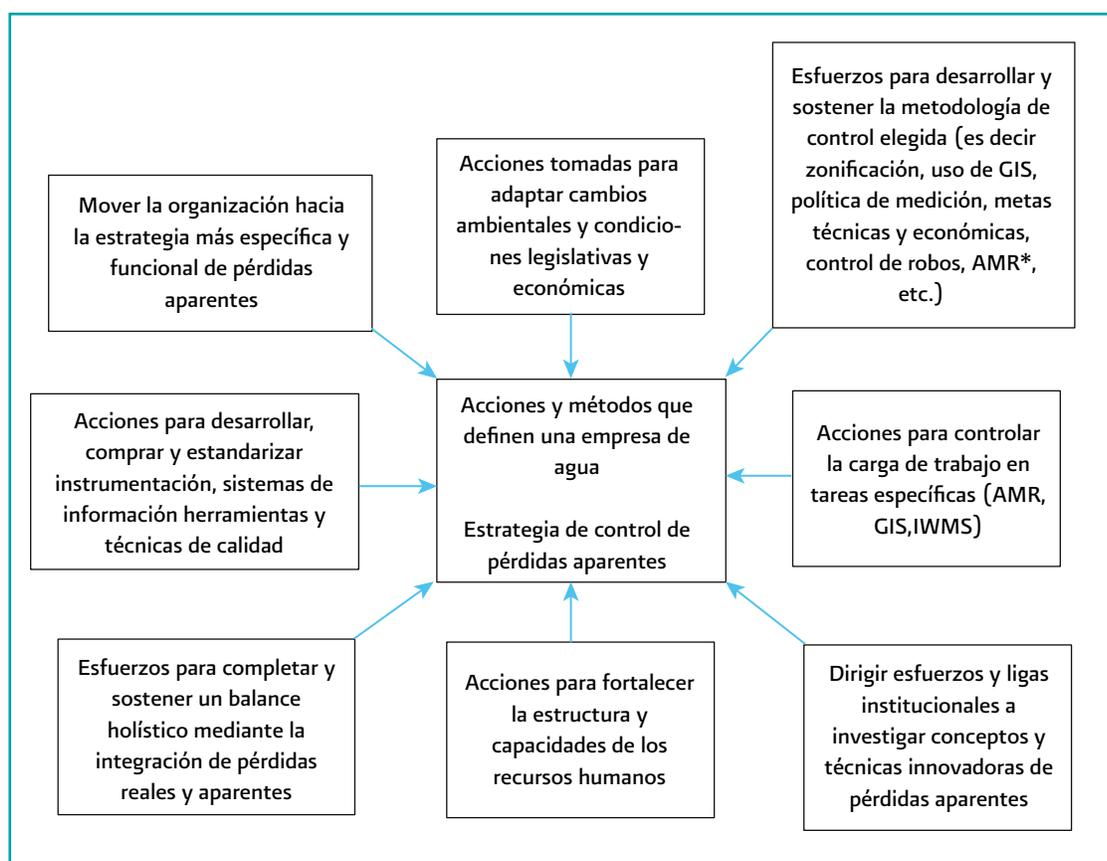


Figura 3.7. Las cuatro componentes de pérdidas de agua aparentes (comerciales).  
Fuente (Rizzo, 2007).

En la metodología de Rizzo et al (2013) se propone partir de una auditoría de pérdidas aparentes a pequeña escala, en una zona piloto antes de implementar un balance de agua en toda la jurisdicción de la empresa de agua, estudiando tanto pérdidas reales como aparentes. Está referido pe-

pequeñas zonas de distribución aisladas (pequeño distrito hidrométrico) con medidor de alimentación y medición de consumos en todos los usuarios, para determinar las diferencias entre volumen suministrado y total consumido, eliminando también o determinando las pérdidas reales mediante componentes de fugas del gasto mínimo nocturno, para deducir las pérdidas aparentes totales. Una vez determinadas se deben estudiar para disgregar sus cuatro componentes, para plantear acciones de reducción y control, como el reemplazo de medidores, instalación de reductores de flujo no medido (UFR- unmeasured flow reducer), y otros.

En México se tiene experiencia en la aplicación de una metodología similar, en Monterrey, Querétaro y otras ciudades, con ciertas variantes. Por ejemplo, primero se aseguraba la eliminación de las pérdidas aparentes mediante intensos trabajos de campo, y luego se realizaba lo que se denomina la “prueba de cierre”, en la que se fuerza la suspensión del consumo de todos los usuarios de la zona aislada, de día, de manera que la lectura del medidor de suministro a la zona equivalga al gasto mínimo nocturno. Según el valor medido se realizaban acciones de identificación y eliminación de fugas, hasta llegar a un valor de referencia de pérdidas reales o físicas, que era de un máximo de 15%. Ver Figura 3.8.

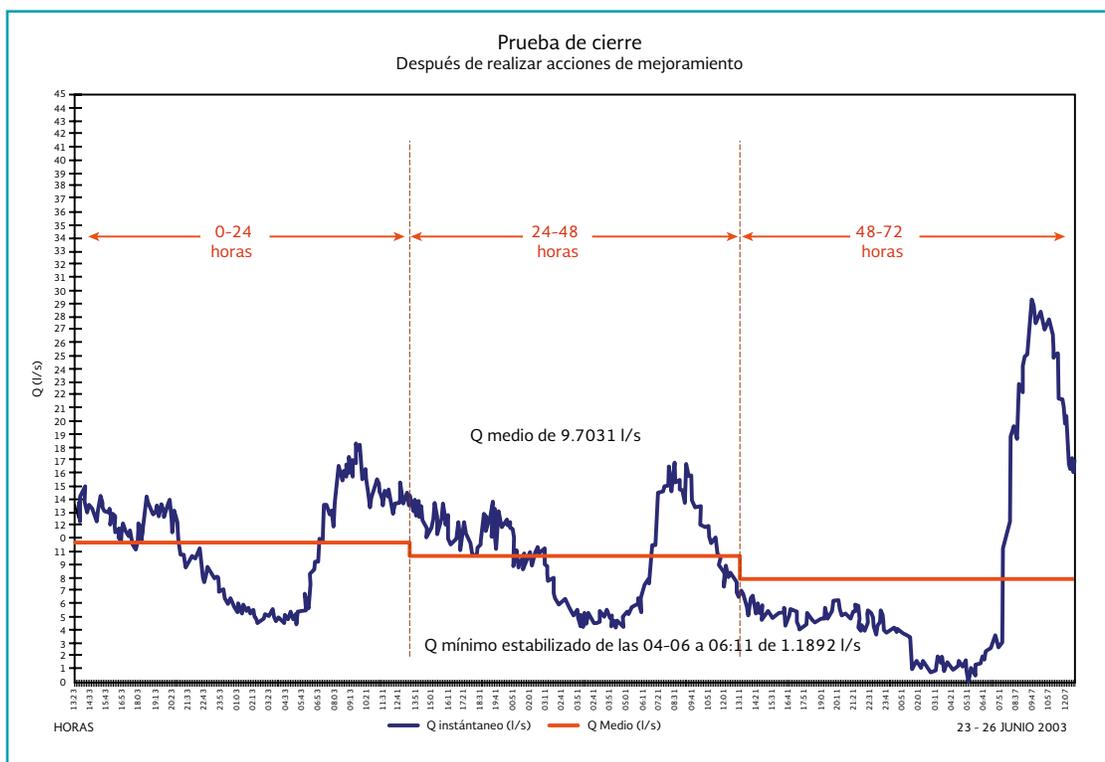


Figura 3.8. Prueba de cierre en zona aislada (distrito hidrométrico) en la que se mide un caudal mínimo ( $Q_{min}$ ) y un caudal medio ( $Q_{med}$ ) de alimentación a la zona, con que se calcula la eficiencia de distribución ( $E_{dis}$ ), y el % de pérdidas (físicas de distribución), similar al empleo de los  $Q_{min}$  nocturnos. Normalmente se hace después de eliminar pérdidas aparentes y una primera etapa la reparación de fugas.

### 3.4.3.2 Planificación de acciones de reducción y control

En esta fase de planificación de la reducción y control de pérdidas comerciales, se debe partir del conocimiento de su actual nivel, y de la disgregación de pérdidas respectivas. Asimismo del estatus del sistema comercial y de su organización, conforme a los resultados que se tengan del diagnóstico y del balance de agua, para plantear inversiones rentables para los organismos operadores.

Hablando de pérdidas físicas o reales por fugas, la acción prioritaria sería el control de presiones. En pérdidas comerciales, para incrementar la facturación la acción prioritaria sería la identificación de usuarios no registrados, para ampliar la base de contribuyentes; mientras que la acción prioritaria para reducir pérdidas recaudación sería la restricción de los servicios de agua y drenaje.

Esto sin dejar de observar el derecho humano al agua, que sin duda será más viable en un organismo operador con finanzas sanas, con usuarios conscientes de la importancia de su contribución para tener un servicio confiable y de calidad, con margen de maniobra para poder prestar el servicio a toda la población.

En resumen, el procedimiento recomendado de planificación de acciones reducción y control de pérdidas comerciales consiste en (CONAGUA, 2017):

- I. Hacer la selección y pre dimensionamiento de las acciones, según el nivel actual y el nivel meta de eficiencia, y los resultados del diagnóstico comercial y balance de agua; consultar Tabla 3.7
- II. Realizar el análisis de los costos que implicaría la ejecución de esas acciones
- III. Determinar beneficios económicos en términos de incremento de volúmenes y de montos de facturación, y volúmenes y montos de recaudación; asimismo beneficios sociales por la mejora en la prestación de los servicios, y disminución de tiempos de atención de usuarios
- IV. Evaluar la rentabilidad de las inversiones, para confirmar que los planes traerán los beneficios económicos requeridos por el organismo operador. Incluir la evaluación social de la rentabilidad; En esta etapa de la planificación se puede hacer uso del concepto de *Eficiencia de equilibrio económico* y su metodología; consultar el manual de *Planeación de Acciones de Incremento y Control de la Eficiencia en Sistemas de Agua Potable* Fuente (Ochoa, 2005); Si la rentabilidad no fuese sustantiva, regresar al punto I, hasta obtener mejores números
- V. Elaborar especificaciones preliminares de las acciones planteadas
- VI. Elaborar el cronograma de ejecución

En la Tabla 3.7 se enlistan las acciones básicas recomendadas para cada una de las etapas planteadas, sin ser limitativas. Se incluyen las acciones que directamente permiten reducir pérdidas de facturación y recaudación, y las acciones necesarias de soporte y control, y de desarrollo institucional.

La exactitud de los datos resultantes del diagnóstico dependerán del muestreo que realice: tamaño de muestra, tamaño de la población (en este caso número de tomas registradas), el nivel de confianza seleccionado, generalmente del 95%, nivel esperado (por ejemplo de tomas conformes con el padrón), y del error máximo admisible, por ejemplo 5%.

Dado que las acciones se aplicarán en infraestructura generalmente deteriorada, es imprescindible coordinarse con el área operacional. Cómo ya se ha comentado, en mayor o en menor grado, las acciones de mejora de la eficiencia comercial pueden tener efectos en el sistema operacional y su eficiencia, y viceversa, las acciones de mejora de la eficiencia física pueden tener efectos en el sistema comercial y su eficiencia.

Tabla 3.7. Acciones de mejoramiento de la eficiencia comercial según alternativa de cuatro etapas. Fuente (CONAGUA, 2017).

Etapas de Incremento de Eficiencia %	Acciones de incremento	Acciones de soporte y control, y fortalecimiento institucional	Observaciones
Hasta 75% Nivel I	<p><u>Facturación:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Identificación de usuarios no registrados, y tomas ocultas (aumento de la base de contribuyentes)</li> <li>Reemplazo de medidores defectuosos</li> <li>Incremento de conexiones medidas</li> </ol> <p><u>Recaudación y Cobranza:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Restricción por falta de pago (morosos)</li> <li>Depuración y recuperación de cartera vencida</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Renovación del sistema informático comercial</li> <li>Actualización del padrón de usuarios</li> <li>Elaboración del Manual de procedimientos</li> <li>Renovar equipos de cómputo</li> <li>Capacitación del personal de oficinas y certificación del personal de campo</li> <li>Modernizar toma de lecturas (hand helds e impresoras térmicas, y otros)</li> <li>Monitoreo de altos consumidores</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aplicación focalizada de acciones de incremento, mediante "Tiros de precisión".</li> <li>✓ Seleccionar acciones de la 6 a la 15, no limitativas.</li> <li>✓ Para el análisis de rentabilidad se deben determinar y presupuestar las actividades de mantenimiento de las acciones seleccionadas, para que estén siempre en condiciones de operar correctamente.</li> </ul>

Tabla 3.7 Acciones de mejoramiento de la eficiencia comercial según alternativa de cuatro etapas.  
Fuente (CONAGUA, 2017). (Continuación).

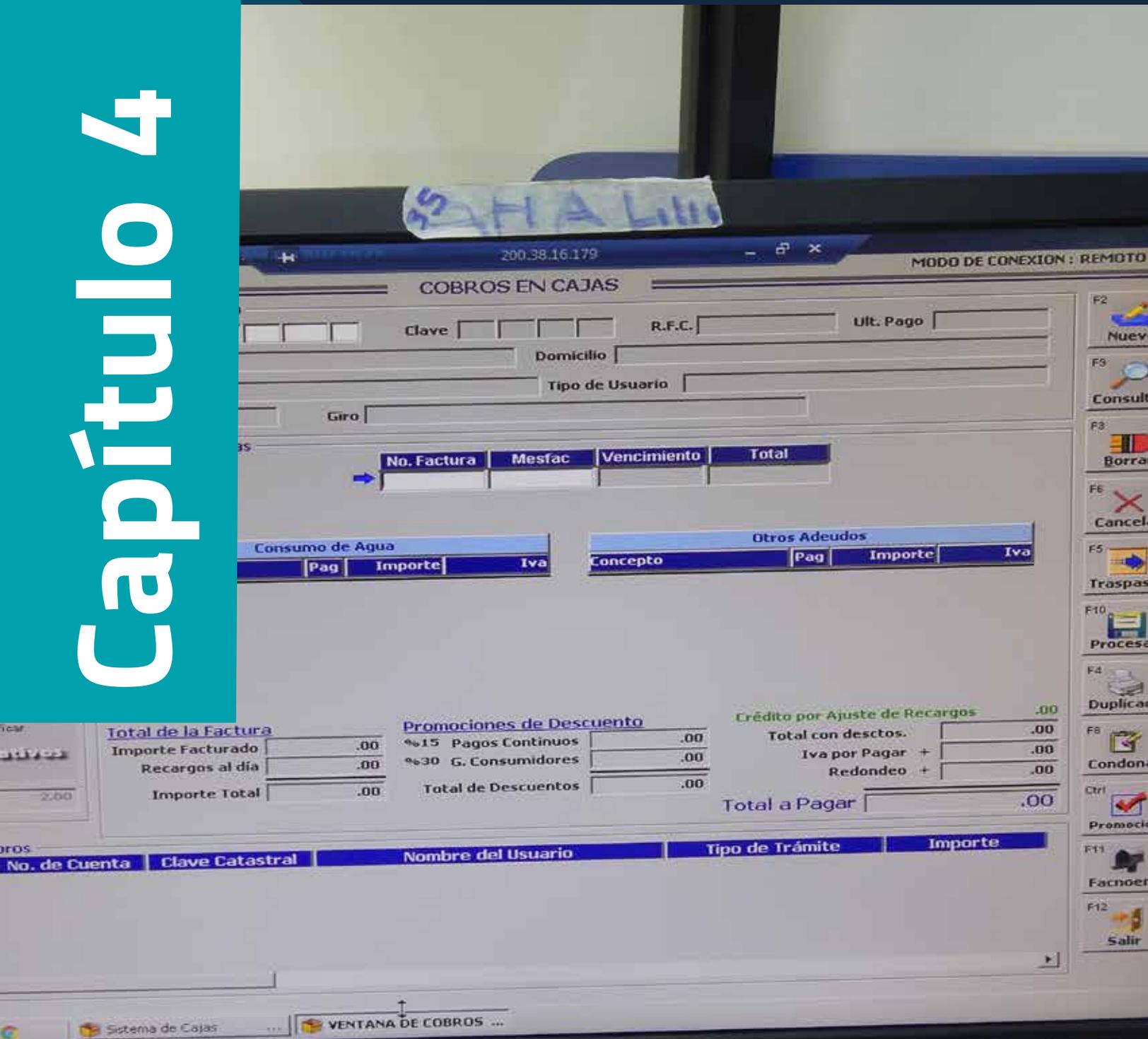
Etapas de Incremento de Eficiencia %	Acciones de incremento	Acciones de soporte y control, y fortalecimiento institucional	Observaciones
		<p>13. Más opciones de pago (cajeros automáticos, tiendas, etcétera)</p> <p>14. Remodelar áreas comerciales</p> <p>15. Renovar transporte</p> <p>16. Revisar rutas de lecturas</p> <p>17. Adecuar la estructura organizacional</p>	<p>✓ Coordinar acciones con área operacional.</p> <p>✓ Buscar tomas ocultas en predios que estén presentando bajos consumos.</p>
Entre 75% y 85% Nivel 2	Seleccionar y dimensionar las que apliquen de la 1 a la 5 y de la 18 a la 20	Seleccionar y dimensionar las que apliquen de la 6 a la 17	Mismas recomendaciones.
Entre 85% y 95% Nivel 3	Seleccionar y dimensionar las que apliquen de la 1 a la 5 y de la 18 a la 20	Seleccionar y dimensionar las que apliquen de la 6 a la 17	Mismas recomendaciones.
Mayor a 95% Nivel 4	<p>18. Programa permanente de reporte de usuarios no registrados.</p> <p>19. Renovación e incremento del parque de medidores.</p> <p>20. Programa permanente de atención a usuarios morosos y cartera vencida. Participación de Cultura del Agua.</p>	<p>Actualizaciones que apliquen de las acciones 6 a la 17, y evaluar aplicación de las siguientes:</p> <p>a) Trabajar con las comunidades locales (concientización)</p> <p>b) Penalizar conexiones ilegales</p> <p>c) Restringir por falta de pago</p> <p>d) Inspeccionar periódicamente grandes consumidores y sitios de construcción</p> <p>e) Regular camiones cisterna</p> <p>f) Supervisar lecturistas</p> <p>g) Actualizar de manera continua el padrón de usuarios</p> <p>h) Buscar soluciones al problema de asentamientos irregulares</p>	<p>Las actividades de control a) a la h) pueden realizarse dentro de las labores cotidianas de las áreas comerciales.</p> <p>Mantenimiento de medidores y demás equipos y aparatos.</p>

Nota: Errores de toma de lecturas de medidores y de facturación, pueden requerir acciones más allá de las indicadas en la columna de acciones de soporte y control, y fortalecimiento institucional.

### 3.5. Bibliografía

- Alegre, H. e. (2003). "Performance indicators for water supply services", second edition. Efficient operation and management of urban water system specialist group, International Water association.
- Arreguín, F. O. (1997). "Evaluation of Water Losses in Distribution Networks", Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 123, No. 5, September/October 1997, American Society of Civil E, pp. 284-291.
- CONAGUA. (2007). *Sectorización en redes de agua potable*. México: SEMARNAT.
- CONAGUA. (2011). "Agenda del Agua 2030, Comisión Nacional del Agua", Edición 2011. México, D.F.: Subdirección General de Programación, Comisión Nacional del Agua. México, marzo 2011.
- CONAGUA. (2017). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento-Mejora de Eficiencia Comercial*. Obtenido de Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento-Mejora de Eficiencia Comercial: <http://www.mapasCONAGUA.net/previ.aspx?nm=SGAPDS-I-15-Libro53.pdf>
- DGCOH, D. (1991). "Programa de Uso Eficiente del Agua en la ciudad de México" Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica-Secretaría General de Obras-DDF. *Revista Ingeniería Hidráulica en México/mayo-agosto 1991. Comisión Nacional del Agua-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*.
- Jiménez, M. e. (2008). "Importancia del control de presiones en la reducción de fugas, y su aplicación al sector Reynaco, ciudad de México" Instituto de Ingeniería e Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas de la Universidad Nacional Autónoma de Méxi. *SEREA 2008, VIII Seminario Iberoamericano sobre sistemas de abastecimiento y drenaje*. Lisboa, Portugal: SEREA.
- Kazuaki, M., & Farley, M. (2004). "Operation & maintenance - the starting point for improving efficiency of water supply and sanitation services". Tokyo, Japan.: Department of Water Supply Engineering, National Institute of Public Health, Tokyo, Japan, Malcolm Farley Associates, Oxfordshire, UK. O&M network Core Grippup Member.
- Lambert, A. O, Fantozzi, M. (2005). Recent advances in calculating economic intervention frequency for active leakage control, and implications for calculation of economic leakage levels, *IWA International Conference, Greece, 2005*.
- Lambert, A. O. (2002). "International Report: Water losses management and techniques", *Water Science and Technology: Water Supply Vol. 2 No. 4*, UK., pp 1-20.
- Liemberger, R. (2006). "Introduction to Water Loss Analysis and Reduction". International Water Association, World Bank Institute.
- Ochoa, L. (2005). *Planeación de acciones de incremento de incremento y control de la eficiencia en sistemas de agua potable*. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua.
- Pearson, D. (2004). "Testing the UARL & ILI approach using a large UK Data Set", *Consultant, UK*. U.K.
- Rizzo, A. e. (2007). Apparent water loss control: El camino hacia.
- Rizzo, A. et al. (2013). Apparent water loss control; the way forward.
- SECOFI. (1994). *NOM-012-SCFI-1994, Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos-Medidores para agua potable-fría-Especificaciones*, México: Secretaría de Comercio y fomento Industrial,.
- SECOFI. (1997). *NOM-042-SCFI-1997- Instrumentos de medición-Medidas volumétricas metálicas con cuello graduado para líquidos con capacidades de 5 l, 10 l y 20 l*. México: Secretaría de Comercio y fomento Industrial, México, 1997.
- Spiegel, M. (1970). *Estadística, Serie de compendios Shaum*, México: Libros McGraw-hill de México.
- Spiegel, M. R. (1970). *Estadística, Teoría y Problemas*. México: Libros McGraw-Hill de México.
- Yepes, G. e. (2000). "The High Costs of Intermittent Water Supplies".
- Yepes, G., Diánderas, A. (1996). "Indicators Water and wastewater utilities 2nd Edition". Washington, DC 20433 USA.: International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank.

# Capítulo 4



lenovo

# SISTEMA DE INFORMACIÓN COMERCIAL Y SU IMPLEMENTACIÓN



## 4.1. Introducción

Los organismos operadores de agua potable y saneamiento están integrados básicamente por cinco sistemas: Operacional, Comercial, Planificación, Financiero y Administrativo, los cuales pueden identificarse en sus organigramas, aunque no necesariamente con estas denominaciones y estructura. El sistema comercial realiza sus funciones a través de cuatro subsistemas básicos que son: Comercialización de servicios, padrón de usuarios, medición de consumos, y facturación y cobranza. En la Figura 4.1 se presenta de manera general las funciones de cada uno de los subsistemas, las cuales se explicarán más a detalle en el capítulo 2.



Figura 4.1. Subsistemas que componen el sistema comercial y sus funciones.

Como se describió, cada sistema e incluso cada subsistema puede contar con su sistema de información, o bien que se tenga un sistema de información para todo el organismo operador. En el caso de sistemas de información de un subsistema, se tiene por ejemplo el sistema de información de la macromedición dentro del sistema operacional ver Figura 4.2.

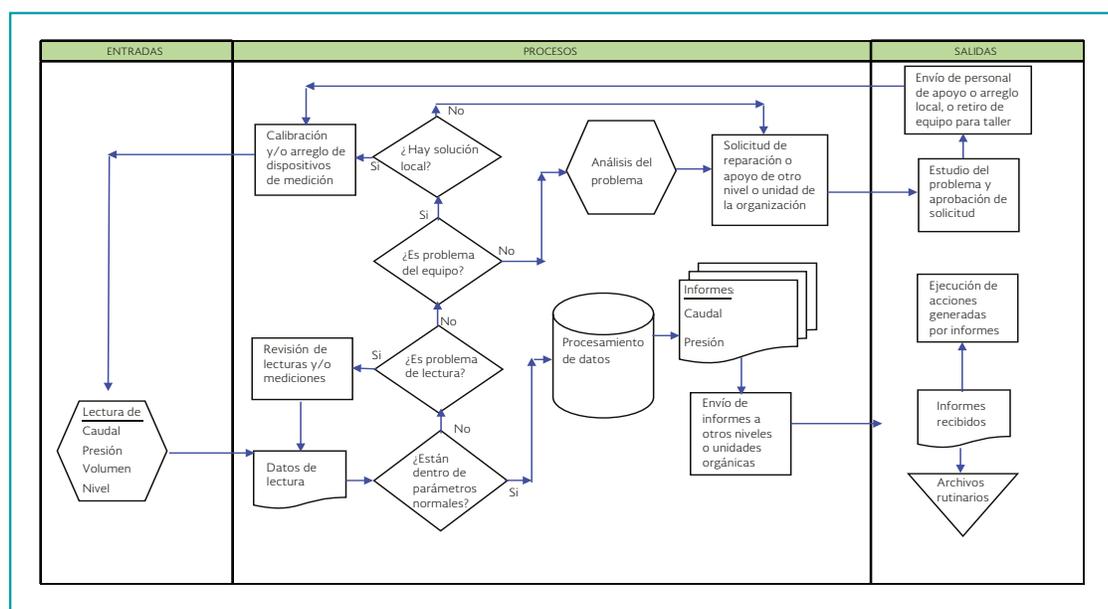


Figura 4.2. Sistema de información de la macromedición (Fuente: Metodología del proyecto de Macromedición-IMTA-OPS-CEPIS).

La macromedición como sistema, además de los propios aparatos de medición, incluye un sistema de información para poder cumplir con los objetivos previstos en su implantación, el cual debe formar parte del sistema de información diseñado para el área operacional, para finalmente incorporarse a los sistemas de información del organismo operador. Se recomienda que primero se defina su sistema de información y luego se instalen los equipos de medición.

Esta necesidad es más evidente cuando se trata de la micromedición para determinar consumos. Cuando se instalan los aparatos de medición ya antes se ha establecido el procedimiento de toma de lecturas, las rutas, el periodo de toma, mensual o bimestral, la descarga en un sistema informático para su registro, procesamiento y aplicación de tarifas, etcétera. Volviendo a la macromedición, es común encontrar infraestructura de abastecimiento con medidores instalados, sin contar con el sistema de información formal respectivo. Ver en la Figura 4.3 un ejemplo de sistema de información operacional, con sistema SCADA (sistema de control supervisorio).



Figura 4.3. Presentación de datos instantáneos, eléctricos y de flujo, en tiempo real de un pozo; sistema operacional de la JMÁS Juárez. Foto propia

Pero aún llevando lo anterior a la micro medición del sistema comercial, no sería práctico tener un sistema de información sólo de la micromedición. Entonces se tiene un sistema de información o sistema informático del sistema comercial, para manejar las informaciones de las áreas o subsistemas comerciales de: Comercialización de los servicios, padrón de usuarios, medición de consumos, y facturación y cobranza.

Realmente no se podría pensar en un sistema comercial sin su sistema informático. Incluso en un organismo operador muy pequeño, por ejemplo de mil usuarios. Cómo manejar los datos de cada uno de los mil usuarios, con nombre dirección, datos del predio, tipo de uso de la toma, datos de su medidor de consumos, registro de rutas de lecturas, registro de lecturistas, registro periódico de consumos, determinación de montos a pagar con las tarifas que correspondan, generación de recibos para notificar los montos a apagar, registro de los pagos recibidos, registro de morosos, registro de cartera vencida, generación de avisos de adeudos, registro de instalación y cambio de medidores, actualización de datos de los usuarios, generación de informes, etcétera.

El sistema de información comercial es tan importante, que en cualquier programa de reducción y control de pérdidas comerciales o aparentes, se incluye como parte de sus líneas un trabajo de plan de acciones, como es el caso de los programas exitosos de reducción de pérdidas de Macao, Murcia, Santiago, y Singapur, que dirigieron sus esfuerzos iniciales a reducir pérdidas comerciales, incluyendo identificación de usuarios, renovación del sistema informático comercial, remplazo de

medidores defectuosos, e incremento sustancial del número de conexiones medidas (Yépes, G., Diánderas, A., 1996). Ver capítulo 3. Ver también capítulo 2, en el que se menciona que el Programa de Modernización de las Áreas comerciales de Organismos Operadores de Agua, coordinado por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S. N. C. (BANOBRAS), considera seis acciones principales de modernización de áreas comerciales de organismos operadores de agua potable, en las que se incluye el desarrollo de software para la modernización del área comercial (BANOBRAS, 2018). Ver en la Figura 4.4 una pantalla del sistema Aquadmin de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de Delicias, Chihuahua, de desarrollo propio.



Figura 4.4. Sistema informático del área comercial de la JMAS Delicias. Foto propia.

## 4.2. Determinación de las necesidades de sistemas informáticos

### 4.2.1. Sistemas de información y niveles de desarrollo de los organismos operadores

Los organismos operadores cuentan con sistemas informáticos del área comercial, así como algún tipo de sistema informático del área operacional y de las demás áreas, sobre los cuales pueden tener diversas necesidades.

Los sistemas de información de los organismos operadores están relacionados con su nivel de gestión de clientes, según los siguientes cuatro niveles de desarrollo (Jordain, 2011):

Nivel 1: la empresa obsoleta: La empresa cuenta con *procedimientos y herramientas antiguas*. Los principales procesos pueden funcionar, pero con defectos importantes (y muchas veces con una baja eficiencia de recaudación).

Nivel 2: la empresa operativa: Los procesos fundamentales de la gestión de clientes están operativos: la facturación y la recaudación se llevan a cabo, y hay un sistema de atención a clientes. *Todavía obstáculos para la aplicación de nuevas tecnologías o métodos para mejorar la productividad y calidad de servicio al cliente*. A menudo se sigue hablando de suscriptores o usuarios en vez de clientes.

Nivel 3: la empresa moderna: La empresa ha implementado tecnologías modernas para lograr un nivel de productividad y calidad de servicio. Los principales procesos de gestión de clientes están perfectamente dominados y el nivel de calidad se ha logrado. *La arquitectura básica de información es estable y sólida, y es capaz de evolucionar*. Empresa que decidió pasar del concepto de usuario al de cliente.

Nivel 4: la empresa del siglo XXI: Podría ser considerada como una empresa de comunicaciones, donde *todos los sistemas están interconectados para facilitar el intercambio de información*. En la gestión de clientes, se hacen grandes esfuerzos para facilitarles la vida, cuando es posible. A menudo las empresas no se mueven a este nivel de desarrollo, si no debido al empuje del regulador o de la autoridad sectorial, o debido a la competencia.

Relacionado con los sistemas de información, en el artículo *Ciudades y sequías en México-La gestión del agua como estrategia crítica de mitigación*, se explica que la mitigación del impacto de la sequía debe llevarse a cabo primordialmente por medio de la gestión adaptativa de la demanda de agua, pero que el principal obstáculo para que las ciudades efectúen una gestión adaptativa del agua es la *falta de sistemas de información confiables* (Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A., 2016).

Por lo anterior los organismos operadores pueden tener necesidades de mantenimiento, actualización y de nuevos sistemas de información, según el nivel en que se encuentren, y según sus metas de desarrollo institucional y de la calidad total de los servicios de agua potable y saneamiento.

Para satisfacer sus necesidades de sistemas informáticos, los organismos operadores tienen opciones como la de adquirir licencias de software genérico con los módulos que apliquen según sus metas establecidas, o bien encargan el desarrollo del sistema a empresas ex-

ternas especialistas en el tema. Otros desarrollan sus sistemas por medio de sus propios especialistas.

#### 4.2.2. Funcionalidad de los sistemas de información

Ya sea que las necesidades sean de mantenimiento, actualización, o de un nuevo sistema, y ya sea también a través de la adquisición de licencia, desarrollo externo o interno, es fundamental evaluar o establecer la funcionalidad de los sistemas informáticos. En las tablas siguientes se describen las condiciones y características de operación de los sistemas de información o recaudación, identificando aquellos procesos del área, compartidos o vinculados al área comercial. El objetivo es evaluar la funcionalidad actual de los sistemas y detectar las necesidades de modificación o actualización de los mismos, o de renovación; los puntos a revisar son (BANOBRAS, 2013):

- Descripción general del sistema
- Plataforma de desarrollo
- Módulos que lo componen
- Productos, servicios y reportes que se generan

En la Tabla 4.1 se describen los aspectos generales de los sistemas informáticos, en la Tabla 4.2 el formato para la evaluación de los aspectos fundamentales de funcionalidad sobre los módulos que los integran, la Tabla 4.3 la evaluación de los aspectos técnicos, y la Tabla 4.4 los aspectos las aplicaciones y procedimientos para control de las obligaciones fiscales, esta es el pago de los servicios, la morosidad y la cartera vencida.

Tabla 4.1. Aspectos Generales del Sistema de Ingresos. Fuente (BANOBRAS, 2013).

Aspecto	Observaciones
Arquitectura y plataforma de desarrollo y aplicación	Tecnología utiliza actualmente.
Base de datos	Nombre de la base de datos con la que cuenta o como realiza actualmente los registros.
Documentación del sistema	Documentación del sistema; forma de poder resolver los problemas cuando se presenten
Repositorio de los datos	Dónde guarda la información: PC, servidor, etc.
Diseño del sistema	Si es módulos, y si puede incorporar nuevos módulos en caso de ser adquirido.
Seguridad y acceso a los datos	Con que nivel de seguridad cuenta el sistema actual. ¿Los usuarios cuentan con pw de acceso? ¿se registran todas las operaciones realizadas?
Niveles de acceso al sistema y a la base de datos	¿Existen niveles de acceso? Es decir, dependiendo del personal es la información a consultar y/o modificar.

Tabla 4.2. Aspectos de Funcionalidad del Sistema de Ingresos. Fuente (BANOBRAS, 2013).

Funcionalidad	Situación Actual	Requerimiento o situación óptima	Observaciones
Consultas de datos de usuarios de agua			
Módulo de determinación de obligaciones			
Módulo de emisión de liquidaciones			
Módulo de caja			
Módulo de contabilidad			
Módulo de control de cobranza			
Mantenimiento de la información			
Módulo de gestión (creación de reportes, gráficos, reportes dinámicos)			
OTROS (especificar)			

Tabla 4.3. Aspectos Técnicos. Respecto a la Base de Datos. Fuente (BANOBRAS, 2013).

Capacidad	Situación Actual	Requerimiento o situación óptima	Observaciones
Existencia de Catálogos			La información está catalogada, de manera que facilite la captura y administración de la misma.
Estructura de Base de Datos Relacional			Si cuenta con un esquema de la estructura de la base de datos, y si es relacional, y orientada a objetos.
Publicación de información en Ambiente Web Internet/ Intranet			

Tabla 4.4. Aplicaciones y procedimientos para control de obligaciones fiscales. Fuente (BANOBRAS, 2013).

Aplicación	Observaciones
Emisión de listados de morosos por rango de valor; por tipo de contribuyente, por número de bimestres	
Emisión automatizada de liquidaciones	
Emisión automatizada de requerimientos de pago y/o cartas invitación	
Generación de reportes: señalar los más importantes	
	Relacionar el resto de las aplicaciones con que cuenta el sistema de recaudación.

Como resultado de la aplicación de las tablas anteriores, se presenta un reporte con las observaciones respecto a la eficiencia, funcionamiento y en su caso, deficiencias detectadas, así como las recomendaciones específicas necesarias para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema de recaudación.

### 4.2.3. Indicadores clave de rendimiento de los sistemas de información (ICR)

Muy relacionado con lo anterior y con los niveles de desarrollo de los organismos operadores, están los indicadores clave de rendimiento de los sistemas informáticos de las áreas comerciales.

El sistema computacional de facturación, y recaudación, que es una parte integral del sistema de información de clientes (SIC), es la principal herramienta sobre la cual se sustenta la “Fabrica de Facturación”. Por lo tanto, es útil contar con algunos ICR para caracterizarlo, sin necesidad de adoptar un enfoque de auditoría real a los sistemas (Jordain, 2011).

Como primer enfoque, se propone dos ICR’s:

- El tipo de sistema
- El nivel de integración con las otras funciones de la empresa

Tabla 4.5. Tipo de sistema y nivel de integración con las otras funciones de la empresa.  
Fuente (Jordain, 2011).

Aspecto	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Tipo de sistema informático de facturación	La infraestructura informática es “mainframe”, utilizando principalmente procesos de lotes (batch)	La infraestructura informática es “mainframe”, usando procesos transaccionales y bases de datos relacionales	La infraestructura informática está basada en servidores y las aplicaciones están en arquitectura cliente/servidor	Basada en WEB
Integración del sistema de facturación	No está integrado con otros sistemas (interfaz sencillo con contabilidad)	Maneja todas las facturas de la empresa (incluyendo las no periódicas), y tiene interfaz con el sistema de contabilidad,	Maneja todas las facturas de la empresa (incluyendo las no periódicas), tiene interfaz con el sistema de contabilidad, y está integrado al sistema de atención a clientes	El SIC está totalmente integrado con los demás sistemas de la empresa, incluyendo el contable y los de gestión de operaciones en terreno

### 4.3. Módulos básicos del sistema de información comercial

El software de un sistema comercial debe estar diseñado para facilitarle al Sistema comercial y a sus cuatro subsistemas básicos el cumplimiento con sus funciones, de tal forma que contribuya al buen funcionamiento de los organismos operadores, y a que el área sea autosuficiente desde el punto de vista financiero, lo cual permitirá mejorar la calidad de los servicios prestados.

Tabla 4.6. Ejemplo de módulos básicos de un sistema informático del área comercial.

Módulos básicos	Descripción breve
Padrón de usuarios	Estructurado de tal forma que sea posible manejar y administrar la base de datos con toda la información de los usuarios, permitiendo modificar, actualizar o corregir información general de las cuentas de cada usuario
Control de Medidores	Contiene un registro con el stock de medidores con que dispone el organismo operador; dicho registro debe contemplar las etapas desde la adquisición de los medidores hasta la instalación de los mismos en las tomas domiciliarias.
Control de servicios realizados	Para llevar un registro y un control de los diferentes servicios que brindan a los usuarios o clientes, desde la generación del documento u orden hasta la atención de la misma. Algunos de los servicios pueden ser: instalación de una nueva toma, sustitución de medidores, reparación de averías en la instalación, entre otros.
Medición	Módulo para captura y análisis de las lecturas del consumo de agua por los medidores para la facturación. Con los registros históricos de los volúmenes de agua consumidos debe ser capaz de obtener estadísticas como consumo promedio por habitante por día, por mes, por periodos, por calle, por colonia o por localidad o por bloque de facturación.
Facturación	Para generar de manera automática la facturación de los servicios que se brinda. El módulo debe permitir su configuración por el mismo usuario del sistema, debe estar conectado a la base de datos única y de todos los procesos con el objetivo de poder emitir las facturas. Debe tener integrado todos los conceptos de facturación de los servicios, y la opción de que el administrador del sistema capture un nuevo concepto. Debe permitir detectar y solucionar problemas y errores de facturación de manera rápida.
Convenios de pago	Para contar con la opción de generar y administrar convenios de pago de diferentes tipos y desde los diferentes procesos como pueden ser: Contratación, instalación o reemplazo de medidores, atención de las órdenes de servicio, gestión de cartera vencida o usuarios morosos.
Recaudación	Se requiere que además de la opción de cobro en las oficinas del organismo, el usuario tenga más opciones de pago como puede ser a través de tiendas comerciales, cajeros automáticos, y pago por internet. Independientemente de la forma de pago debe generar un número de folio, el cual permita obtener la factura o recibo de pago ya sea directamente en las oficinas o a través de internet.

Tabla 4.6 Ejemplo de módulos básicos de un sistema informático del área comercial (Continuación)

Módulos básicos	Descripción breve
Atención a clientes	Para comunicación con los clientes ya sea vía mostrador, vía telefónica o a través de internet; en este módulo converge toda la información generada en todos los módulos del sistema y de esta forma poder dar respuestas inmediatas.
Sistema de información Geográfica	<p>La visualización de la información en mapas siempre es una buena representación de la situación o realidad de una zona, dichos mapas están georreferenciados lo cual permite una ubicación exacta de la información que representan.</p> <p>El manejo de la información geográfica de manera óptima contribuye a una mejor administración del organismo de operador y por lo tanto al Sistema comercial, desde el manejo de la información del padrón de usuarios, el control de los medidores, visualización de los consumos, hasta el manejo de los usuarios morosos y la cartera vencida.</p>

## 4.4. Bibliografía

- BANOBRAS. (Noviembre de 2013). ANEXO 3-GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICOS DE MODERNIZACIÓN DE LAS ÁREAS COMERCIALES DE ORGANISMOS. México: BANOBRAS.
- BANOBRAS. (2018). Banco nacional de obras y servicios públicos S.N.C. Obtenido de Programa de Modernización de las áreas comerciales de organismos operadores de agua: <https://www.gob.mx/banobras/documentos/programa-de-modernizacion-de-las-areas-comerciales-de-organismos-operadores-de-agua-58967>
- Jordain, J. L. (2011). Herramienta de evaluación para implementar buenas prácticas en el área de gestión comercial de operadores de agua y saneamiento. *Nota técnica No. 239*. El Salvador y Ecuador: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), División de Infraestructura y medio ambiente.
- Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A. (2016). Ciudades y sequía en México. La gestión del agua como estrategia crítica de mitigación. *Tecnología y ciencias del agua, vol.VII, núm. 5, septiembre-octubre*, 95-113.
- Yepes, G., Diánderas, A. (1996). "Indicators Water and wastewater utilities 2nd Edition". Washington, DC 20433 USA.: International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank.



# Capítulo 5



# PADRÓN DE USUARIOS Y SU MANTENIMIENTO

## 5.1. Problemática de un Padrón de Usuarios

La problemática de un padrón de usuarios de agua potable y alcantarillado, si no es atendido periódicamente, ocasiona confusiones y atrasos en los procesos que realizan los diferentes departamentos que conforman el área Comercial y Técnica, debido a la incertidumbre de la información existente en la base de datos de los usuarios activos e inactivos.

La falta de actualización impide realizar un adecuado control para detectar a los usuarios irregulares principalmente en el claudestínaje, que de alguna manera afectan al análisis del balance de agua, donde el rubro de agua no contabilizada (pérdidas físicas y comerciales) hay pérdidas económicas. Las irregularidades repercuten a los procesos de facturación y cobro de los servicios, dificultad para el control de los usuarios morosos. Así mismo, la atención al usuario se ve igualmente limitada cuando no se dispone de toda la información necesaria para atender las solicitudes de servicio o reclamos.

El Padrón de Usuarios considera el registro completo de los siguientes usuarios: a) usuarios reales, que son aquellos que disponen efectivamente con el servicio; b) los factibles, son aquellos que se ubican en zonas donde existe red de distribución, pero no tienen el servicio; c) finalmente los usuarios potenciales, localizados fuera del área de influencia del sistema de agua potable. [Saavedra Jorge C.]

En el Figura 5.1, se muestra un esquema de cómo se presenta la problemática en un padrón de usuarios, se puede observar donde ocurren las deficiencias, tanto comerciales como operacionales por la falta de los recursos financieros, no se pueden cubrir los costos para mejorar operación y mantenimiento de los servicios. Entender que cuando un sistema de agua potable cae o está en una eficiencia global del 70% y se deja de atender, las inversiones llegan a ser muy altas, ya sea de mejoramiento, rehabilitación o ampliación de mercado, todo lo cual genera un mal servicio y por consiguiente el descontento de los usuarios, además de un mercado no atendido.

El objetivo de este apartado es brindar pautas para la organización y actualización del padrón de usuarios, con fines de que sean útiles las herramientas o pautas que se mencionaran a continuación y para mejorar las relaciones internas y externas de organismos operador de agua potable.

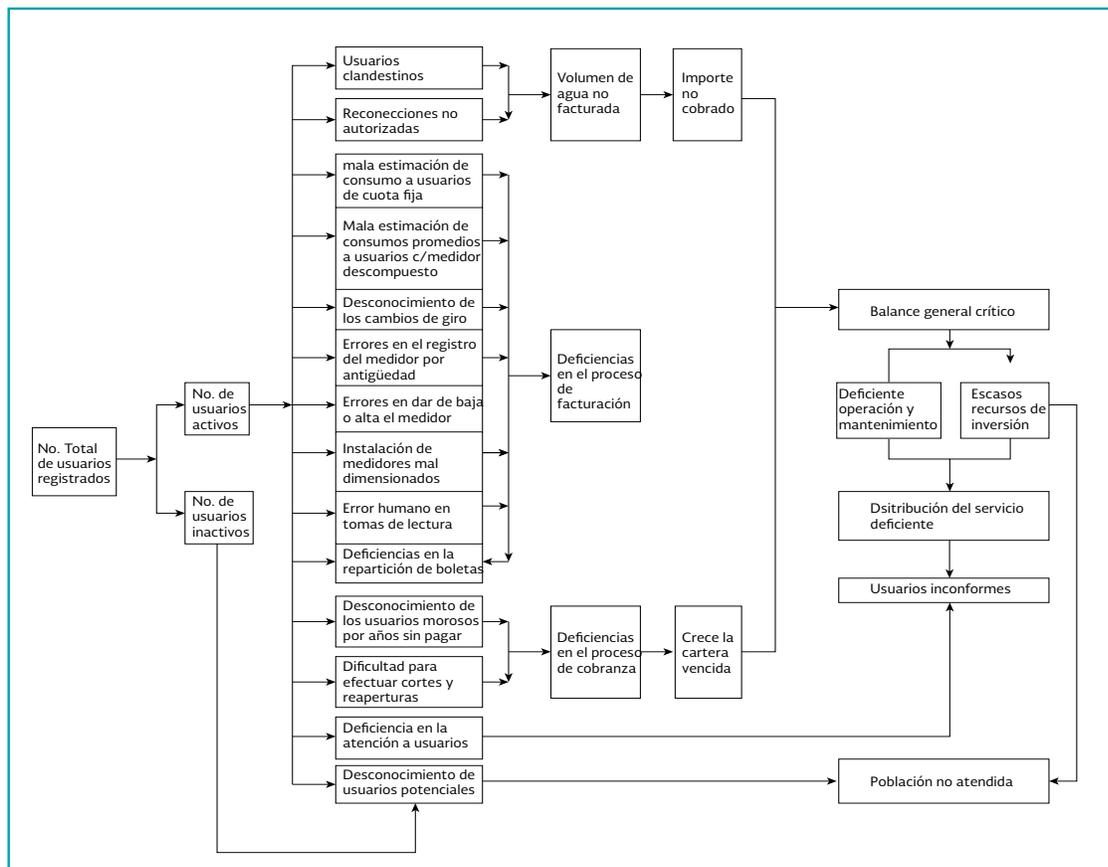


Figura 5.1. Situación de un padrón de usuarios no actualizado [Elaboración propia]

## 5.2. Departamento de Padrón de Usuarios

Define estrategias para incrementar el número de tomas con consumo medido, disminuir el número de anomalías en los medidores e instrumentar programas de mantenimiento preventivo en medidores.

La parte esencial de este departamento, es trabajar en la actualización del padrón de usuarios día a día. En la experiencia se ha encontrado que cuando no ha tenido una actualización desde hace varios años, como parte del análisis, puede llegar a obtenerse resultados a que es necesario realizar una reclasificación de usuarios, cuando se lleva a cabo la vinculación de datos padrón sistematizado contra visita de usuarios en campo, se identifican diferentes tipos de usuarios, el universo de datos a manejar se vuelve complejo, lo mejor es volver a estructurar la base de datos del padrón de



usuarios, hacerla más amigable y bastaría con tener menos de 10 tipo de usuarios; por ejemplo: Doméstico zona 1; Doméstico zona 2; Doméstico zona 3; Comercial; Comercial Mixto; Industrial; Hotelera; Público; si son menos es mejor, la sugerencia es para controlar más eficazmente todas y poder generar una estructura tarifaria acorde a los consumos reales.

También, analiza el reducir la inconsistencia entre la población de la zona conurbada y el número de tomas registradas, saber con certidumbre cuál es la población que se atiende. Su interés, es de mejorar el Padrón de Usuarios continuamente, disminuir las pérdidas de agua no contabilizada e incrementar los ingresos al organismo operador. El identificar las irregulares en el padrón, son usuarios que tienen los servicios que presta el organismo operador y no han pagado su contrato ni su consumo. La tarea de este departamento, buscar los medios necesarios, tanto económicos, humanos, técnicos en informática, para que se disponga de una base de datos de usuarios confiable para que las pérdidas comerciales sean lo menos posible.

Fija los siguientes objetivos: Crear o actualizar la base de datos de un padrón de usuarios; tenerlos registrados al 100% los usuarios activos, factibles y potenciales de los servicios. Localiza físicamente cada predio con su respectiva toma domiciliaria, mediante el código de contrato asignado según las normas establecida por el departamento del área comercial; finalmente asigna la tarifa adecuada según el tipo de usuario.

### 5.3. Clasificación de usuarios

**Tipos de usuarios** que se registran en un padrón de usuarios, [EPS.-Sedaloreto S.A].

**Activos:** Usuario que dispone de una conexión de agua potable y/o drenaje, independientemente de la situación de esta (activa, inactiva o cortada). Es un usuario legalmente conectado.

**Factible:** Usuario que no dispone de conexiones, pero tiene la posibilidad de instalar una conexión de agua potable y/o drenaje debido a que frente a su predio existe una red.

**Potencial:** Usuario que no dispone de ningún tipo de conexiones y que para tenerla requeriría de obras de ampliación debido a que frente a su predio no pasa una red.

**Clandestino:** Usuario que hace uso de los servicios de agua potable y/o drenaje sin autorización del organismo operador. Es decir, se ha conectado por su propia cuenta a la red y, desde un inicio no está registrado en el Padrón de usuarios.

La certeza de los predios según el tipo de usuario y su actualización periódica a corto plazo, es la base para hacer crecer la administración financiera y comercial de un organismo operador de agua potable y alcantarillado.

También es importante conocer el uso del agua que se le suministra al usuario, y clasificarlos como uso: **doméstico, comercial, industrial** y público, para aplicar una tarifa adecuada y dar el seguimiento comercial acorde con su giro.

La clasificación de los usuarios por tipo de servicio, se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Clasificación de tomas domiciliarias por tipo de uso [IMAS de Juárez-JCAS-IMTA]

Concepto	Cantidad
Total de Predios (según base de datos)	
Tomas Domésticas	
Tomas Comerciales	
Tomas Industriales	
Tomas Públicas	
Total de tomas registradas	
Total de predios sin clasificar y levantados	
Tomas con Medidor	
Tomas Con Medidor funcionando	
Tomas Con Medidor descompuesto	
Tomas Sin Medidor	
No. de Cuentas con rezago	

## 5.4. Datos del Padrón

El Padrón de Usuarios es un conjunto de datos estructurados que integran la información particular de cada uno los usuarios reales y factibles [IMAS de Juárez-JCAS-IMTA].

Los módulos que componen el sistema del Área Comercial son los siguientes:

1. Padrón de usuarios
2. Atención al público
3. Medidores
4. Lecturas
5. Facturación
6. Ingresos

7. Facturación electrónica
8. Cobranza
9. Convenios de pago
10. Pago en plazos fijos
11. Quejas
12. Área técnica
13. Almacén
14. Materiales

Con respecto al padrón de usuarios, cada usuario es dado de alta en el padrón al iniciar el trámite de contratación; es confirmado al concluir el pago de contratación y la instalación de los servicios. El padrón de usuarios está diseñado para contener la siguiente información y otros de campos:

- En expediente:
  - ✓ Copia del contrato
  - ✓ Copia del contrato que acredita la propiedad del predio
  - ✓ Copia del cambio de propietario (si se ha realizado).
  
- En el sistema Informático:

**Información del usuario:**

- ✓ No. de Cuenta
- ✓ Nombre
- ✓ Dirección (calle, número exterior; número interior)
- ✓ Colonia
- ✓ Código postal
- ✓ No. de Manzana
- ✓ Teléfono
- ✓ Tipo de usuario
- ✓ Sector
- ✓ No. de Ruta
- ✓ Usuario regular
- ✓ Usuario irregular
- ✓ Toma de banqueta
- ✓ Deudor desde
- ✓ Toma cancelada
- ✓ Construcción abandonada
- ✓ En construcción
- ✓ Lote baldío

- ✓ Casa abandonada
  - ✓ Estado de la toma
  - ✓ Tarifa
  - ✓ Entre otros
- **Datos de medición:**
    - ✓ Número de medidor
    - ✓ Marca
    - ✓ Modelo
    - ✓ Diámetro
    - ✓ Cuenta
    - ✓ Fecha de instalación
    - ✓ Historia (registra cambios al historial de localización del medidor)
    - ✓ Instalados
    - ✓ Lectura inicial y fecha
    - ✓ Lectura final y fecha
    - ✓ Dañados
    - ✓ Investigados (se verificados en campo)
    - ✓ Probados ( banco de micromedidores)
    - ✓ En prueba
    - ✓ En reparación
    - ✓ Reparados
    - ✓ Desmantelados
    - ✓ Retirados
    - ✓ Nuevos
    - ✓ Desechados
  - **Datos de facturación:**
    - ✓ Datos de la toma
    - ✓ Medidor
    - ✓ Tarifa correspondiente
    - ✓ Entre otros

## 5.5. Eficiencia del Padrón

Un Padrón de Usuarios confiable, se considera cuando se identifica inmediatamente el número de usuarios que deben contribuir a los ingresos financieros requeridos por el organismo operador; así

como para aplicarles los procedimientos de cobro. El organismo operador fija las normas y políticas que sirvan como guía para caracterizar a los usuarios, con fines de que el padrón de usuarios cumpla su función operativa eficiente y oportuna.

En el campo de los indicadores de gestión, nos permiten ver si se están logrando los objetivos estratégicos de alguna actividad, que en este caso evaluar la eficiencia del Padrón de Usuarios.

El indicador Padrón de Usuarios refleja el conocimiento y confiabilidad que se tiene sobre el registro de los usuarios y sus tomas. Es parte importante de la operación comercial de todo Organismo operador. Según los resultados del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), la confiabilidad del padrón de usuarios se mantiene sobre el 90%, y para 2016 el 94.63%; el resultado comprende de 163 organismos operadores de agua potable del país que aportaron información para su análisis; ver la página de [Pigoo.gob.mx](http://Pigoo.gob.mx).-2016) y la Figura 5.2.

Ecuación del indicador que evalúa el registro confiable de usuarios.

$$PU = \frac{T_{CORR}}{T_{REG}} * 100$$

INDICADOR	VARIABLES
PU: Padrón de Usuarios (%)	T <sub>CORR</sub> : No. de tomas del padrón activas T <sub>REG</sub> : No. de tomas registradas

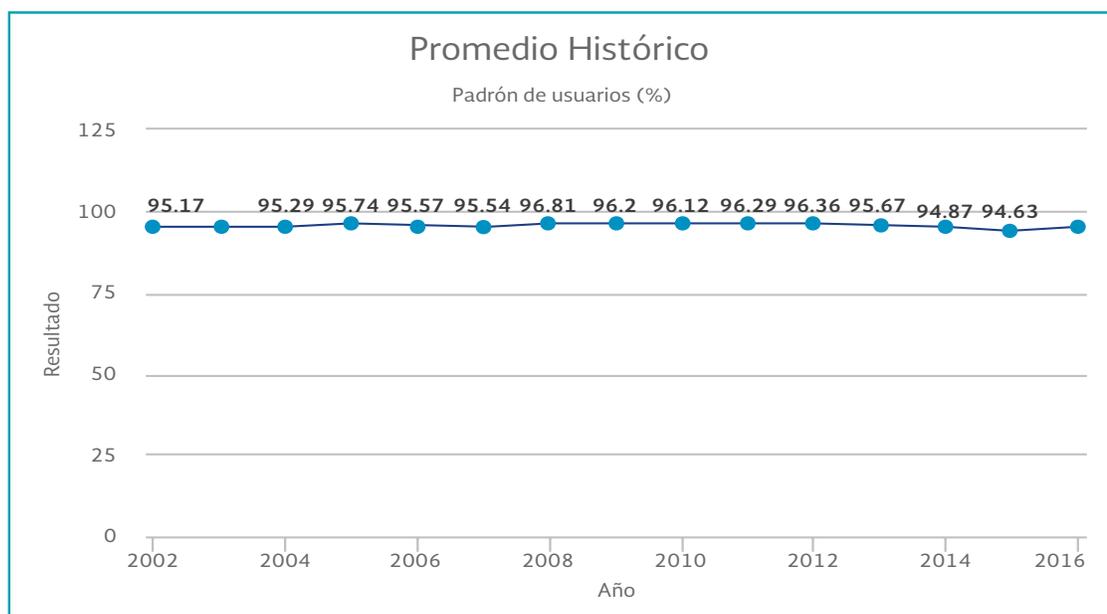


Figura 5.2. Situación de un padrón de usuarios no actualizado [Elaboración propia]

La confiabilidad del padrón de usuarios puede evaluarse también de la siguiente manera:

Disponer de la base de datos del padrón de usuarios que maneja el organismo operador con estadísticas de clasificación de usuarios de tres años, información que debe ser auditada para considerarla como oficial. Es decir, el departamento del Área Comercial cierra su ciclo anual, con un cierto número de tomas domiciliarias registradas de cada año; así mismo, reporta su clasificación por tipo de uso de servicio, volumen facturado, volumen cobrado con su respectivo importe. Esta información se hace oficial, al momento de someterla al consejo directivo del organismo operador.

Los resultados de la base de datos y la información oficial que obtiene el Departamento del Área Comercial, se analizan para determinar la confiabilidad del padrón de usuarios. Es una de las formas de como evaluar la confiabilidad del padrón de usuarios y como se va dando la actualización del mismo y regularización de los usuarios nuevos o moroso; los resultados se muestran en la Figura 5.2, donde se observa que las diferencias de los datos en porcentaje no es representativo para determinar que es deficiente el padrón de usuarios; en este caso se concluye que el padrón de usuarios tiene una confiabilidad del 95%

Tabla 5.2. Resultados de la base de datos Vs Información oficial del Área Comercial

CONCEPTOS	COMPARATIVA DE DATOS DEL ÁREA COMERCIAL VS LA BASE DE DATOS DEL PADRÓN DE USUARIOS																							
	PERIODO 2011					PERIODO 2012					PERIODO 2013					PERIODO 2014								
	DEPTO AREA COMER.	EN (%)	PADRON	EN (%)	DIFEREN CIA	EN (%)	DEPTO AREA COMER.	EN (%)	PADRON	EN (%)	DIFEREN CIA	EN (%)	DEPTO AREA COMER.	EN (%)	PADRON	EN (%)	DIFEREN CIA	EN (%)	DEPTO AREA COMER.	EN (%)	PADRON	EN (%)	DIFEREN CIA	EN (%)
PREDIOS CON No. DE CONTRATO	217.000	88%	225.318	89%	8,318	3%	222.572	88%	225.319	88%	2,747	1,08%	224.921	88%	225.319	88%	397	0,16%	226.384	87%	225.321	87%	-1,063	-0,41%
PREDIOS SIN CONTRATO (DATO DE 2014)	28.399	12%	28.399	11%	0	0%	29.391	12%	29.391	12%	0	0,00%	30.557	12%	30.557	12%	0	0,00%	33.050	13%	33.050	13%	0	0,00%
TOTAL DE PREDIOS	245.399	100%	253.717	100%	8,318	3%	251.963	100%	254.710	100%	2,747	1,08%	255.478	100%	255.875	100%	397	0,16%	259.434	100%	258.371	100%	-1,063	-0,41%
TOMAS DOMICILIARIAS ACTIVAS % CON RESPECTO AL TOTAL DE PREDIOS CON CONTRATO																								
SERVICIO MEDDO (SM)	134.851	62%	136.307	60%	1,456	0,85%	138.037	62%	136.274	60%	-1,763	-0,69%	139.185	62%	136.306	60%	-2,879	-1,03%	139.945	62%	136.306	60%	-3,639	-1,41%
CUOTA FUA (CF) (Tomas con medidor descomp. y sin medidor)	78.791	36%	76.473	34%	-2,318	-0,91%	80.721	36%	79.496	34%	-1,225	-1,65%	81.897	36%	76.472	34%	-5,225	-2,04%	82.376	36%	76.472	34%	-5,904	-2,29%
No. TOTAL DE TOMAS ACTIVAS	213.442	88%	212.780	94%	-662	-0,26%	218.758	98%	212.770	94%	-5,988	-2,35%	220.882	98%	212.778	94%	-8,104	-3,17%	222.321	98%	212.778	94%	-9,543	-3,69%
MICROMEDICIÓN																								
No. DE MICROMEDIDORES INSTALADOS	137.431	63%	140.061	62%	2,630	1,17%	139.716	63%	140.056	62%	340	0,13%	138.574	62%	140.060	62%	1,486	0,58%	140.081	62%	140.060	62%	-21	-0,01%
No. DE MICROMEDIDORES FUNCIONANDO	130.559	60%	136.307	60%	5,748	2,55%	132.730	60%	136.274	60%	3,544	1,39%	131.845	59%	136.306	60%	4,461	1,82%	136.298	59%	136.306	60%	0	0,00%
No. DE MICROMEDIDORES DESCOMPUESTOS	6.872	3%	3.754	2%	-3,118	-1,38%	6.986	3%	3.782	2%	-3,204	-1,29%	6.929	3%	3.754	2%	-3,175	-1,24%	3.783	3%	3.754	2%	-29	-0,01%
No. DE TOMAS SIN MEDDOR	76.011	35%	72.719	32%	-3,292	-1,40%	79.042	36%	72.714	32%	-6,328	-2,48%	82.308	37%	72.718	32%	-9,590	-3,76%	82.240	37%	72.718	32%	-9,522	-3,69%
No. TOTAL DE TOMAS ACTIVAS	213.442	88%	212.780	94%	-662	-0,29%	218.758	98%	212.770	94%	-5,988	-2,35%	220.882	98%	212.778	94%	-8,104	-3,17%	222.321	98%	212.778	94%	-9,543	-3,69%
No. TOTAL DE TOMAS INACTIVAS	3.558	2%	12.538	6%	8,980	3,99%	3.814	2%	12.549	6%	9,735	3,41%	4.039	2%	12.540	6%	8,501	3,32%	4.063	2%	12.539	6%	8,476	3,28%
No. TOTAL DE PREDIOS CON CONTRATO	217.000	100%	225.318	100%	8,318	3,69%	222.572	100%	225.319	100%	2,747	1,08%	224.921	100%	225.319	100%	397	0,16%	226.384	100%	225.319	100%	-1,066	-0,41%

Por lo general, los organismos operadores no tienen acciones sistematizadas anuales para evaluar o auditar la confiabilidad del padrón de usuarios periódicamente; las mejoras se realizan conforme se identifica la problemática de los servicios, antigüedad de las colonias y zonas de crecimiento. Finalmente, la eficiencia de un padrón de usuarios es el elemento esencial para la administración del organismo operador; además si se formula de manera correcta, servirá como elemento de control y de información en la planeación y comercialización de los servicios de agua potable.

## 5.6. Vinculación predio contrato para actualización

La vinculación de predios localizados en campo contra los contratos de predios registrados en una base datos del Padrón de usuarios, tiene como respuesta actualizar la información con la que se viene manejando, darle un soporte de confiabilidad. Es un trabajo que puede realizarse por partes, desde el punto de vista de la sectorización de una red de distribución de agua potable. La localidad puede estar dividida en varios sectores; por otro lado, si el sector dispone de una área de influencia de más 1000 usuarios, se pueden implementar los distritos hidrométricos, ya que son áreas de menor influencia o apoyase solamente con los planos catastrales actualizados del municipio. De esta manera, puede actualizarse el padrón de usuarios, es una actividad que puede realizarse por partes, con el fin de mantener permanentemente actualizados los datos de los usuarios; apoyarse de tecnología de punta (DRONE) y mediante recorridos de campo por la zona a censar, es posible recabar los datos en corto tiempo y contrastarlos contra los obtenidos en la base de datos del organismo operador. Con este esfuerzo, es posible contar con un levantamiento fotográfico del predio georreferenciado, así como de las condiciones de funcionamiento del medidor domiciliario, un levantamiento de cómo está operando, es importante que el soporte técnico de cada predio se conserve de manera digital.

Con los trabajos de vinculación se tiene que disponer de un plano Georreferenciado de los predios con contrato y sin contrato de agua potable y alcantarillado. Asimismo, identificar los usuarios que se encuentren activos e inactivos, clasificados como: clandestinos, morosos, usuarios que no están clasificados, usuario activo, entre otros.

Para lograr la mejora de la eficiencia comercial en la ciudad es necesario contar con las herramientas que permitan la ubicación rápida y precisa de los usuarios que no se encuentren cumpliendo con la responsabilidad del pago del agua, es decir, se necesita ubicar a todo usuario que tenga las siguientes características:

- a. Sin contrato
  - b. Moroso
  - c. Dado de alta con un uso distinto al que realmente tiene
  - d. Con varias tomas y solo una dada de alta
- **Cómo ubicar a los usuarios:** Se propone la siguiente secuencia de pasos:
    - I. Disponer de los planos catastrales actualizados del municipio, red de distribución sectorizada, así como de distritos hidrométricos.

2. Imprimir la lista de usuarios a verificar; se puede hacer por calle.
3. El verificador del OO deberá de pasar con anterioridad a los domicilios para informar que se está llevando una “Verificación de datos” y que es necesario que se tenga a la mano, el último recibo de pago. Es recomendable el aviso a la población por radio, perifoneo y por volantes.
4. Pasar al domicilio con la lista y verificar los datos del usuario, en caso de haber discrepancias se deben de corregir.
5. Tomar los datos adicionales que se encuentran en el siguiente formato.

FECHA: \_\_\_\_\_  
 No. hoja: \_\_\_\_\_

D= DOMÉSTICO      A= ALJIBE      R= REGULAR  
 C= COMERCIAL      T= TINACO      I= IRREGULAR  
 I= INDUSTRIAL      TQ= TANQUE      D= DEUDOR  
 P= PÚBLICO      D= DIRECTA (NO TIENE)      O= OTRO USO

No. de registro	GENERALIDADES DEL USUARIO			TIPO DE SERVICIO				Habitantes	ALMACENAMIENTO				MEDIDOR			SITUACIÓN ACTUAL DEL USUARIO	OBSERVACIONES
	Contrato	Nombre	Med. CFE	D	C	I	P	No.	A	T	TQ	D	SI	NO	MARCA		

6. Colocar una calcomanía en una parte visible de la casa tomando en cuenta las siguientes especificaciones:

Rojo: Usuario sin contrato

- a. Amarillo: Usuario con adeudo mayor a dos años (tiene pagado máximo hasta 2004)
- b. Verde: Usuario con toma pagada (al menos hasta 2005)
- c. Azul: Usuario por regularizar
- d. Blanca: Usuario con un uso de agua distinto al del contrato<sup>1</sup>.

7. Dejar una notificación invitando al usuario a pasar a regularizar su toma.

Al final de la actividad diaria se deberá de concentrar esta información en el plano catastral haciendo todas las modificaciones necesarias para poder ubicar de forma rápida el ésta de cada uno de los usuarios, para ello es importante respetar los mismos colores que se mencionaron anteriormente y especificar en cada lote al menos los siguientes datos:

- a. Número de identificación que estará compuesto por el número de la manzana (ubicado en plano) y un número de lote.
- b. Número de contrato
- c. Número de la casa

<sup>1</sup> Ejemplo: Un usuario que tiene de alta una toma domestica cuando su uso es comercial, y que para poder llevar a cabo su actividad es de principal importancia el uso de agua, como son: hoteles, lavanderías, lavado de autos, mataderos de animales, baños públicos, entre otras.

d. Número del medidor de luz (generalmente cuenta de 4 número y estos son múltiplos de 10)

- **Productos a entregar:** Al finalizar el trabajo se deberá de entregar un archivo en Excel que contenga los datos levantados, este deberá de cumplir con las siguientes especificaciones:
  - ✓ Utilizar solo letras mayúsculas y sin acentos
  - ✓ Los nombres de los usuarios deberán de comenzar por los apellidos y después nombres
  - ✓ Los nombres de las calles deberán de ser congruentes, por ejemplo, si se trata de la Avenida Vasco de Quiroga, todas las notas referentes a esta avenida deberán de ser iguales y no contener discrepancia como: Av.; Av; Avenida Vasco de Q.; Vasco de Quiroga, entre otras, esto para agilizar la búsqueda y el manejo de la información
  - ✓ En caso de casas que no tengan No. se deberá de poner "S/N" y obligatoriamente deberá de contener el número del medidor de luz, para su pronta ubicación, además en la columna de comentarios se deberá de poner alguna ubicación para ubicar rápidamente la casa.
  - ✓ El plano deberá estar dibujado en AutoCad y contener la información mencionada en el la actividad de "Ubicación de usuarios", además de colorear el área según sea su condición, cada área deberá estar contenida en una capa diferente, es decir para la ubicación de usuarios se deberán de tener 5 capas; ver Figura 5.3.

Como se ha comentado, un levantamiento del padrón de usuarios se obtiene información que no está a la vista del personal del área comercial, como puede ser: los cambios de usos del agua, las diversas condiciones en que se encuentran los medidores, usuarios clandestinos, la ubicación geográfica del predio, entre otros.

#### Resultados esperados

- ✓ Ubicación de predios georreferenciados.
- ✓ Se dispone de una base de todos confiable del padrón de usuarios.
- ✓ Se identificaron usuarios irregulares.
- ✓ Aplicación de nuevas tarifas a usuarios irregulares.
- ✓ Establecer programas de mantenimiento al padrón de usuarios.
- ✓ Disponer de un inventario de medidores actualizados.
- ✓ Disponer de un padrón de usuarios activos e inactivos con agua potable y alcantarillado.
- ✓ Contar con un soporte técnico de cada predio de manera digital.

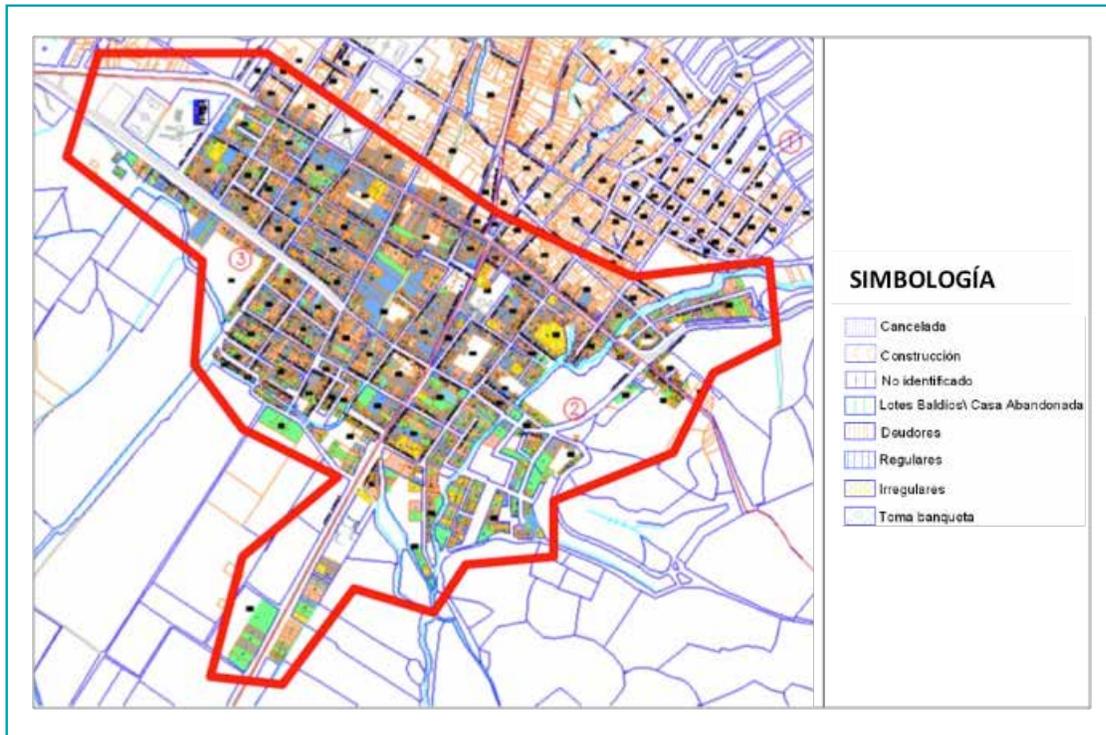


Figura 5.3. Situación de un padrón de usuarios no actualizado [Elaboración propia]

### 5.6.1. Tipos de usuarios no registrados

A partir de los resultados de la depuración de información existente en base de datos y la levantada de campo, se identificaron los usuarios irregulares, como: aquellos usuarios que no tienen número de inscripción o código, es decir, disponen de los servicios que presta el organismo operador, pero no están registrados en la base de datos del padrón y por consecuencia no se les factura el volumen de agua que consumen; a estos usuarios se les llama clandestinos.

El organismo operador debe elaborar una estrategia para regularizarlos, establecer condiciones de pagos, plazos y acciones de coacción, es decir obligarlo a regularizarse de la mejor manera, ya que no lo hizo voluntariamente en su momento, considerando los siguientes puntos:

- ✓ Se notifica al usuario clandestino.
- ✓ Se brinda orientación para la regularización.
- ✓ Si el usuario acepta, se formaliza su contrato de servicios y se capturan sus datos en la base de datos del padrón para su facturación.
- ✓ Si el usuario no acepta, se procede a suspender los servicios y el usuario queda registrado en el padrón como factible, además el organismo operador aplica las ac-

ciones administrativas, jurídicas o judiciales, lo que considere más conveniente para regularizar al usuario clandestino.

- ✓ Es conveniente dar seguimiento a todos los usuarios que se encuentran en este caso y evaluar resultados y beneficios económicos.

En la Figura 5.4, se muestra un esquema para regularizar los usuarios clandestinos.

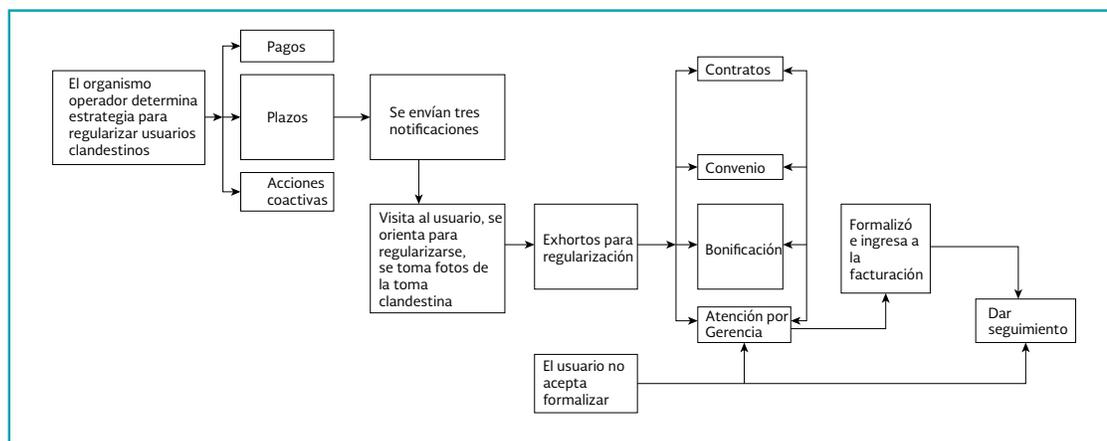


Figura 5.4. Esquema para regularizar a los usuarios clandestinos [Elaboración propia]

El uso clandestino es parte de manera directa de los niveles de agua no facturada y por consiguiente de la recaudación económica que impacta al organismo operador. Cuando las pérdidas financieras son altas, y no existen procesos formales o sistemáticos que permitan un mantenimiento relativo para localizar usuarios irregulares, el problema del servicio se agudiza porque los datos y planos van cambiando con el tiempo, se crean confusiones; debido a: errores en el registro de tipo de servicio (agua potable y/o desagüe), equivocaciones en los registros o movimiento de medidores instalados en campo que no corresponden con la información de los registros, desorden o duplicidad en los códigos asignados a los predios, ocasionando deficiencias en la distribución de recibos y toma de lecturas, unidades de uso no apropiadas, entre otros. Todas estas fallas ocasionan problemas en el proceso de facturación y en el análisis del agua no facturada. El conservar una base de datos desordenada o no confiable, siempre existirán los usuarios irregulares (clandestinos y existentes), que tienen los servicios que presta el organismo operador y no pagan.

A continuación se muestran resultados del análisis de una base de datos del Padrón de Usuarios, con fines de regularizar usuarios Clandestinos o Irregulares

De un Padrón de 270,343 predios, el 87% tienen contrato y el 13% no tienen contrato, siendo una cantidad de 35,144 usuarios clandestinos. Los predios se clasificaron de acuerdo a observaciones que levantaron en campo por los lecturistas del organismo operador, las categorías:

- Aclarado. Usuarios cuya situación ya se encuentra regularizada.
- Baldío. Predios que se encuentran totalmente baldíos.
- Casa. Predios que cuentan con casas o departamentos construidos o habitados y sin habitar.
- Lote. Predios que cuentan con algún tipo de construcción, sin tener viviendas terminadas.
- Negocio. Predios en los que se tiene detectada la presencia de algún tipo de giro comercial: Tiendas de abarrotes, estéticas, vulcanizadoras, etc.
- Público y de gobierno. Predios señalados como instituciones o lugares públicos, así como dependencias de gobierno.
- Sin giro. Predios en los que no se incluye ningún tipo de información del mismo.

La información de estos usuarios se plasmó sobre un mapa satelital de la ciudad, para tener una mejor perspectiva de las zonas donde se ubican estos usuarios clandestinos o irregulares. En la Figura 5.5 se muestra la lluvia de puntos de usuarios irregulares o clandestinos.

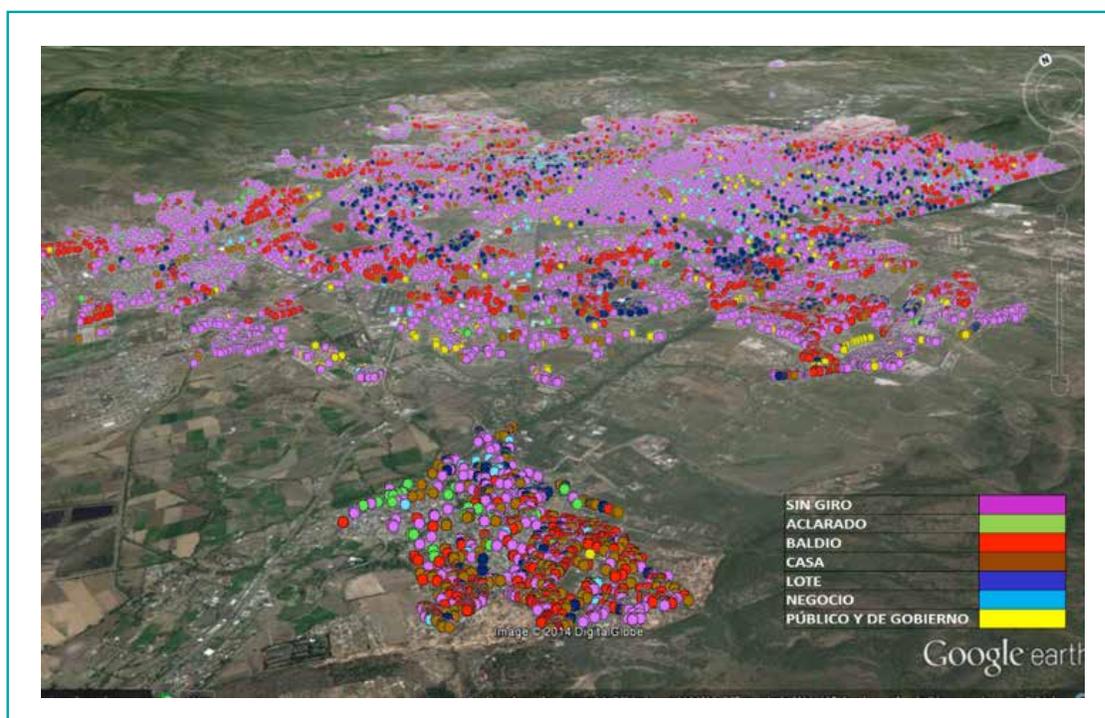


Figura 5.5. Lluvia de puntos de ubicación de los usuarios clandestinos o irregulares [Elaboración propia].

En Ilustración 5.2, se aprecia la distribución general de los usuarios clandestinos en la ciudad, los usuarios sin giro son los de color magenta, observándose una mayor concentración en la parte periférica de la ciudad, pero una gran presencia en la zona centro. Asimismo, se nota la presencia

de varios predios de tipo Público y de gobierno (color amarillo), en su mayoría zonas de donación municipal y estatal.

Por otro lado, también se analizó la información por distrito hidrométrico, identificándose 12 distritos con más 500 usuarios clandestinos; ver Figura 5.6.

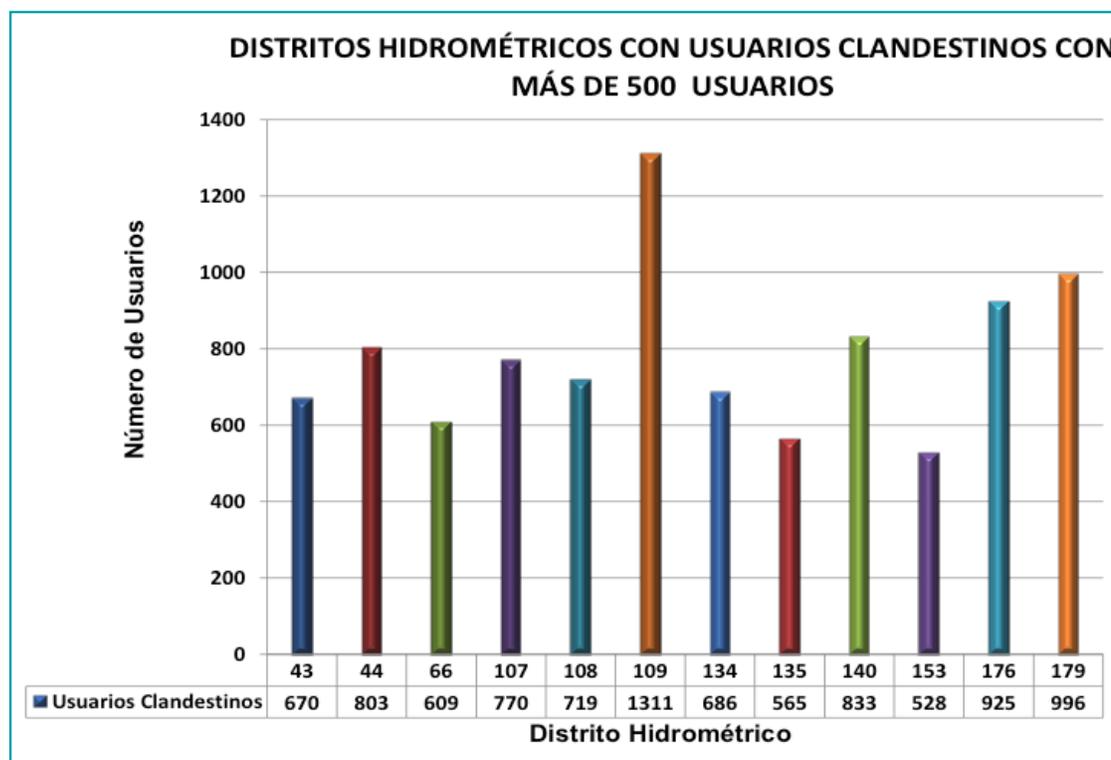
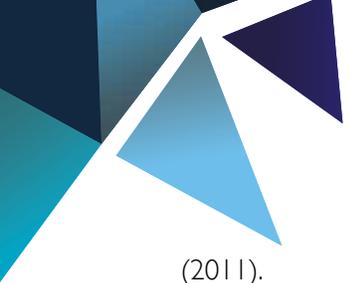


Figura 5.6. Distritos Hidrométricos con mayor número de usuarios clandestinos [Elaboración propia].

El sistema de agua potable tiene una gran cantidad de usuarios clandestinos, no solo en los extremos de la ciudad sino en el propio centro de la misma. La problemática está siendo atendida, se están regularizando los usuarios, ya que son usuarios que consumen agua y no se les está cobrando el servicio, creando pérdidas comerciales para el Organismo Operador.

## 5.7. Usuarios Potenciales

En el apartado “5.2. Departamento de Padrón de Usuarios”, se indica la definición de lo que es un usuario potencial. Para el desarrollo de este apartado se consideró información del Proyecto “Estudio Simplificado de la Situación de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento Juárez, Chihuahua”,



(2011).

En este apartado, intervienen las políticas de expansión. En este caso, en la Dirección Técnica del organismo operador, existe el Departamento de Estudios y Proyectos, aunque no pertenece al sistema del Área Comercial pero interactúa en sus procesos; se encarga de atender solicitudes de factibilidades de los servicios para los nuevos desarrollos habitacionales, así como analizar los presupuestos de derecho de fuente y derecho de conexión.

Principales funciones para la factibilidad de los servicios:

- Revisar solicitudes de factibilidades de servicio
- Revisión física en campo
- Revisión de memoria de cálculo
- Demanda requerida por el solicitante así como documentación correspondiente
- Cálculo de pago de derecho a desarrollarse
- Derecho de fuente
- Derecho de conexión
- Revisión de planos de lotificación y siembra de cada fraccionamiento que lo solicita

Atiende la Planeación y Evaluación de la Infraestructura Actual y Futura. Así como, la evaluación de nuevos desarrollos para integrarlos al sistema de la ciudad.

Principales funciones para la planeación actual y futura:

- Autorización de fraccionamientos, centros comerciales y maquiladoras
- Revisión de factibilidades de servicio y nuevos usuarios
- Autorización de ingreso de datos, para ser integrados al sistema de información geográfica
- Realización de expedientes técnicos, para obtener recursos federales y estatales
- Autorización de proyectos en régimen tripartitos en zonas de la ciudad en donde no se tiene la infraestructura
- Realización de cálculo de derechos para desarrollos habitacionales
- Supervisión de estudios Geohidrológicos para el estado actual de las fuentes y futuras de abastecimiento.

Otro punto de relevancia es la ***Digitalización y actualización de la planimetría de la ciudad.***

Principales acciones para la digitalización y actualización de planos de la ciudad:

- Coordinador de GIS.
- Modelación de sistemas hidráulicos para proyectos de líneas de conducción en la ciudad.

- 
- Proyectista para colonias y fraccionamientos de agua potable y alcantarillado.
  - Revisión de fraccionamientos, centros comerciales, comercios, restaurantes, etc. Para la debida instalación de infraestructura tanto de agua potable y alcantarillado.
  - Supervisión del catastro de redes de obras hidráulicas que se realizan para la obtención de información y creación de planos.

Asimismo, la Dirección Técnica a través del personal técnico del Departamento de Estudios y Proyectos, para las factibilidades solicitadas y la expansión de los servicios, estudian los siguientes aspectos:

- Antecedentes generales y área de influencia del proyecto.
- Descripción y diagnóstico del sistema de agua potable de donde se puede abastecer la factibilidad.
- Descripción y diagnóstico del sistema de alcantarillado de aguas servidas.
- Estudio de población.
- Proyección de la demanda de agua potable y alcantarillado.
- Balance oferta-demanda.
- Planteamiento y selección de las alternativas de solución para el sistema de agua potable.
- Planteamiento de alternativas de solución para el sistema de aguas servidas

Y con respecto a la expansión poblacional irregular, no se tienen políticas de expansión definidas y documentadas, estas se guían por el requerimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado. Cuando el crecimiento urbano avanza sin planeación, los servicios que presta un organismo operador se vuelven deficientes, por las siguientes razones:

- Usuarios establecidos en tierras ejidales o en propiedades pero alejadas de los sitios de donde se tienen los servicios, la inversión de la infraestructura sería alta para pocos usuarios.
- Además, la topografía del terreno es accidentada o muy irregular, la infraestructura requerida sería de construir tanques, cárcamos de bombeo, y grandes longitudes de líneas de conducción.
- Los usuarios no pagarían tarifas elevadas

Estas zonas se van regularizando a través de varios años, por el momento el organismo operador, a las colonias alejadas de la zona urbana o crecimiento para ser con el tiempo conurbado, son atendidas con el servicio de pipas, el agua potable se les da gratuitamente o en otros organismos operadores cobran una cuota simbólica. Asimismo, les incrementan el volumen en algunos años con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los colonos; el organismo operador toma la res-



- ✓ En caso de ser necesario solicitar por medio de orden de trabajo al Departamento de Inspección realizar verificación para cambio de dirección, tarifa o para baja definitiva del contrato, para lo cual se solicita fotos y predio marcado.
- ✓ Realizar una orden de trabajo para efectuar la modificación y ser liberada para el Departamento de Contratos. Anexar en el campo de observación lo que requieren como el nombre o dirección etc.
- ✓ Entregar vía oficio la relación de las solicitudes, con la documentación anexa y con la orden de trabajo que se requiera efectuar.
- ✓ Los cambios vía telefónica no liberan al gestor de cumplir alguno de los puntos anteriores.
- ✓ Verificar calles y colonias antes de solicitar la modificación.

## 2) Del Departamento de Inspección

- ✓ Realizar las verificaciones necesarias que contribuyan con el procedimiento de las modificaciones al padrón de usuarios.
- ✓ Realizar las verificaciones necesarias que contribuyan con el procedimiento de las modificaciones al padrón de usuarios.

## 3) Del Departamento de Lecturas

- Solicitar vía correo electrónico las modificaciones necesarias.

## 4) Del Departamento de Contratos

- Recibir la documentación por medio de oficio con la relación anexa, referente a los contratos que cuenten con una solicitud de modificación.
- Verificar que la documentación presentada sea la adecuada para realizar la modificación.
- Atender vía telefónica las solicitudes de los Gestores de Atención al Usuario.
- Ejecutar en el padrón de usuarios las modificaciones solicitadas.
- Realizar los cierres de trámite de las órdenes de trabajo.
- Enviar la documentación al área de archivo de contratos para que la misma sea ingresada al contrato correspondiente.
- Capturar en la base de datos de forma frecuente la información necesaria.
- Regresar la documentación que no proceda vía oficio.

## 5) Del Área de Archivo de Contratos

- Recibir del Departamento de Contratos la documentación de sustento e ingresarlo al contrato correspondiente.

Los cambios efectuados son ingresados a la base de datos con la finalidad de uso de información. En la Figura 5.8, se muestra el diagrama de flujo para modificaciones al Padrón de usuarios.

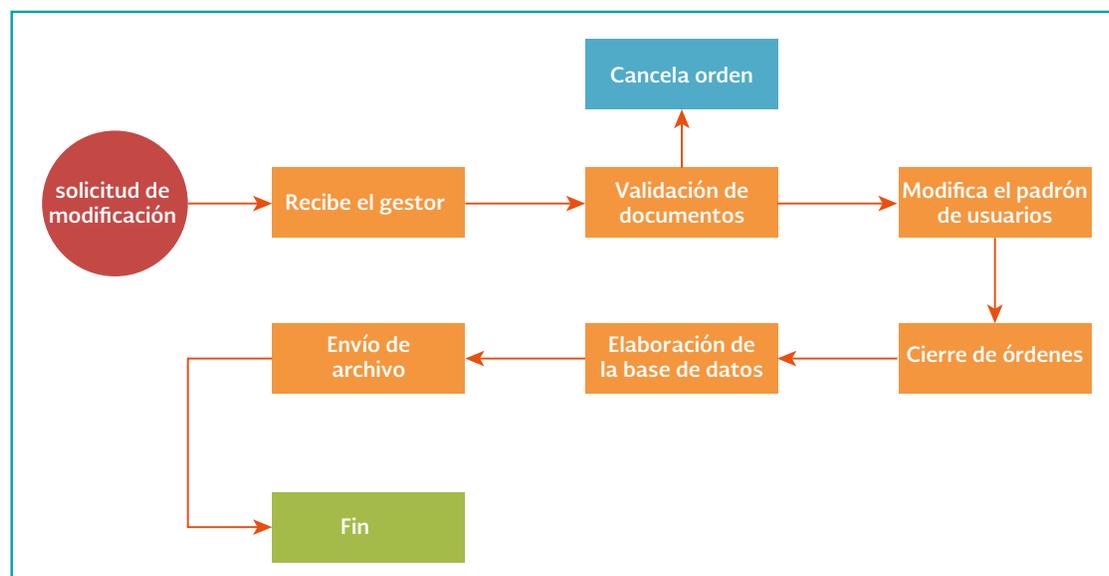


Figura 5.8. Organigrama de los cambios del padrón de usuarios [IMAS de Juárez-JCAS-IMTA]

## 5.9. Depuración de registros de la base de datos del padrón de usuarios

Cuando se realizan actividades de actualización del Padrón de Usuarios, se llegan a dos resultados bien ubicados, que son: los usuarios reales activos y los usuarios inactivos, dentro de estas dos clasificaciones se encuentran los usuarios irregulares, que por alguna razón ya no es conveniente mantenerlos en la base de datos.

Por lo tanto, hay que realizar una depuración de registros catastrales que están almacenados, se analiza la situación de cada usuario, apoyándose de información confiable, tanto; la que reporta el titular del contrato, que cuente con los documentos legales; con la información levantada de campo; y con el historial registrado en la base de datos. Con esto procede a identificar los códigos duplicados, códigos de predios que ya no existen o códigos diferentes para un mismo predio o toma domiciliaria; o también pueden ser aquellos usuarios que no tienen un sustento y deben ser eliminados. Esta información se sigue conservando en la base de datos del padrón de usuarios y no le es útil, le ocasiona un procesamiento lento en sus búsquedas y de memoria en su equipo de cómputo; la depuración mejorará el manejo de información.

También es importante indicar, que se identifican códigos establecidos a ciertos predios y que no pueden eliminarse tan fácilmente, es necesario realizar un procedimiento formal que autorice esta eliminación de registros. Que hacer en este caso para depurar los registros, puede tomarse en cuenta dos posibles situaciones: a) Usuarios con un registro que no presentan deudas; b) y aquellos que sí presentan deudas; ver Figura 5.9.

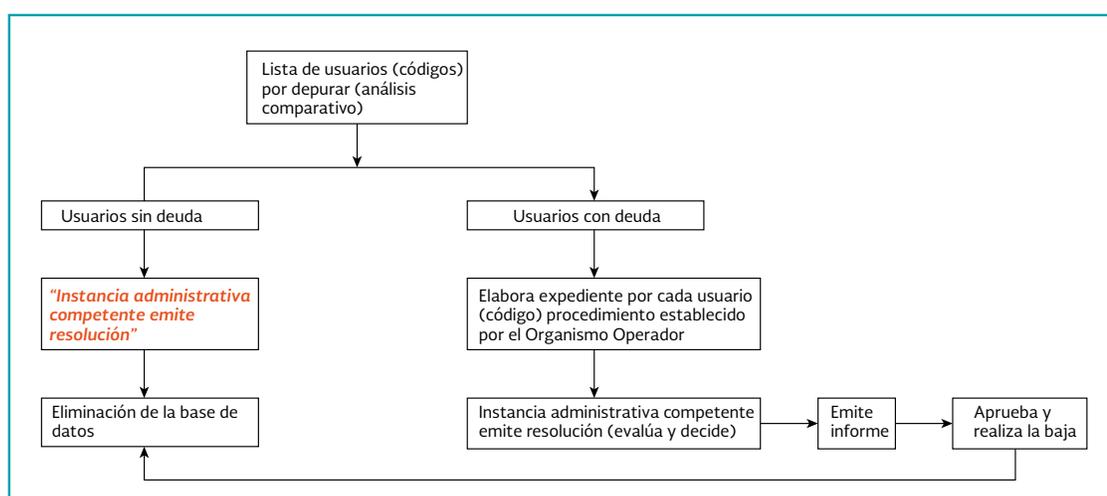


Figura 5.9. Diagrama de depuración de registros catastrales [EPS.-Sedaloreto S.A.]

En la Figura 5.9 se puede observar, en los casos de registros de usuarios por depurar que no presentan saldos deudores, es relativamente sencillo en la medida que se informa a la instancia administrativa competente, la cual debe emitir una resolución que autorice la eliminación de los registros. En cambio, en los casos de registros de usuarios con saldos deudores, es necesario seguir los procedimientos para dar de baja las deudas y poder eliminarlos de la base de datos del padrón de usuarios. En ambos casos es conveniente mantener un archivo como resguardo de los códigos catastrales depurados o eliminados, aunque estos no deben ser mostrados en las estadísticas y reportes de usuarios activos, factibles o potenciales [EPS.-Sedaloreto S.A.].

## 5.10. Relevancia de un Padrón de Usuarios actualizado con Otras Áreas

El padrón de usuarios no solamente es utilizado por el área comercial de los servicios de agua potable y alcantarillado, también lo usa el área de contabilidad, finanzas, operación, entre otras áreas técnicas, lo que sucede, es que se presentan dificultades entre áreas para la coordinación y el flujo de información si es que existe, por lo general no fluye la información, se instalan candados infor-

máticos. Lo recomendable, disponer de una unidad funcional que integre todos los componentes de la comercialización del agua. El contar con un padrón de usuarios completo y con información confiable es relevante para las demás áreas que conforman el Departamento del Área, así como para las áreas de operación y planeación.

## 5.11. Mantenimiento y actualización permanente del Padrón de Usuarios

El establecimiento y cumplimiento de procedimientos para mantener actualizado el catastro y aprovechar las diferentes fuentes de actualización son importantes, porque de alguna manera, se sistematiza la forma de recoger y aplicar los cambios que ocurren en los predios y servicios.

Por otro lado, los procedimientos son herramientas que sirven en la medida que se apliquen de acuerdo a cada realidad. Lo más importante es que exista el compromiso y la actitud del personal del organismo operador, que tengan responsabilidad directa e indirecta en la actualización del Padrón de Usuarios. De lo contrario, aunque existan procedimientos bien concretos y claros, si no existe la disposición, será difícil aprovechar las diferentes fuentes de actualización.

Los períodos de actualización dependen de las características y la dinámica de crecimiento de la población y de los servicios de cada localidad.

Formas de darle mantenimiento al padrón de usuarios:

- Cuando solicita el usuario el cambio de nombres, datos de identificación del contrato (dirección, teléfono, etc.). Cuando se realizan modificaciones o cambios necesarios al padrón de usuarios, como pueden ser: cambios de nombre, dirección, tarifa, dirección fiscal, dirección catastral, zona económica, giro comercial, servicio de alcantarillado, activación, inactivación, deshabitada, bajas definitivas (cancelación de contrato) y RFC; por lo general éstos son los datos solicitados por los departamentos adscritos a la Subdirección de Comercialización o por el mismo usuario.
- Empleando los tres procedimientos que maneja el Departamento del Área Comercial: Altas al Padrón, Baja y suspensión temporal.
- Correcciones al Padrón. Esta opción se realiza cuando los recursos económicos se obtienen a través de un programa financiero.
- Inspecciones domiciliarias.- Esto procede cuando el usuario presenta un reclamo y se tiene que verificar las instalaciones externas e internas de la toma domiciliaria, en este momento corroborar: estado el medidor, datos del usuario, situación del servicio entre otros datos.

- Toma de lecturas.- el personal dedicado a la toma de lecturas al medidor domiciliario, su actividad es muy importante, ya que mensual o bimestralmente recorren rutas para tomar datos de los medidores instalados. El reporte permite advertir si se están dejando de leer el medidor; si hay errores en el registro del número y características del medidor; observar el estado y funcionamiento del medidor; situación de los servicios. Estas informaciones son útiles para mantener actualizado el registro de medidores, este reporte incide de manera directa en la facturación.
- Distribución de recibos.- En esta actividad se detectan los cambios que suceden en los predios por tipo de uso del servicio, relacionado principalmente con la facturación. Este personal puede detectar cambios en categorías, unidades de uso, tipos y situación de servicios, entre otros. En este caso el personal del organismo operador tiene que estar capacitado para detectar estas irregularidades.
- Cortes y reaperturas.- el personal dedicado a esta actividad obtiene información valiosa relacionada a los servicios y del predio; proporcionan datos de cambios ocurridos en las instalaciones, tipos y situación del servicio, localizan usuarios clandestinos o usuarios que han manipulado o desviado conexiones para evadir la lectura de medidores.
- **Proyectos y obras.-** Los proyectos y obras de ampliación o mejoramiento de servicios, son realizados por el área operacional o área técnica y el departamento de medición del organismo operador. Estas áreas proporcionan información técnica de las conexiones ejecutadas, rehabilitadas o eliminadas, al igual que datos técnicos de cajas y medidores. Para aprovechar los resultados de esta actividad es necesario que exista una estrecha comunicación y coordinación entre las áreas técnicas y comerciales.
- **Municipio.- Se requiere información del departamento de Catastro Técnico, llevan un inventario de las propiedades de lo que es el municipio. Así como,** planifican y realizan obras de expansiones urbanas y periurbanas, habilitan agrupaciones vecinales, dan apertura o cierran vías, otorgan licencias de funcionamiento a centros comerciales e industriales, etc. Por otro lado, realizan catastros urbanos cuya información a nivel de datos y planos es útil para actualizar información del Padrón de Usuarios de los organismos operadores.
- **Otras entidades o instituciones.- Comisión Federal de Electricidad,** el instituto de desarrollo urbano y el Instituto Geográfico Nacional, es también valiosa su información con relación a planos que el organismo operador debe actualizar en forma permanente.

## 5.12. Atención Múltiple a usuarios

Es importante contar con una oficina denominada "Atención Múltiple a usuarios", que dependa del Área Comercial. Con fines de atender los problemas de trámites y quejas de los usuarios que

de alguna manera u otra quieren o tienen la necesidad de solicitar algún servicio por parte del organismo operador en todo a lo que se refiera a giros domésticos. Llevar un control estadístico de todos estos usuarios, clasificarlos según el caso que presentan, y que departamento técnico o del área comercial puede darle solución a su problema o duda. Con esta estadística podemos evaluar, analizar, corregir o mejorar las fallas del padrón de usuarios, con fines de que esté actualizado a corto tiempo y si la confiabilidad está al 95% no dejarlo caer; hay que establecer acciones sistematizadas para conservar los beneficios que nos da un padrón de usuario actualizado.

### Función de la oficina de Atención Múltiple

Proporcionar al usuario atención personalizada, brindándoles orientación en los requisitos para la solicitud del servicio o inconformidad del mismo, como es: recepción de documentación para canalizarla al departamento según corresponda, darle seguimiento a la solución de las inconformidades y problemas que tengan los usuarios. Todo bajo una atención eficiente y de calidad, que todos los usuarios se merecen.

Trámites que se realizan en el Departamento de Atención Múltiple y canalizan al usuario según el área que le corresponda a cada trámite, ver Tabla 5.3.

**Tabla 5.3. Tipos de trámites a realizar por cada del Depto. Comercial**

<p><b>REGISTRO DE USUARIOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitud de Contrato</li> <li>• Contrato</li> <li>• Convenio por Contrato</li> <li>• Reposición de Toma</li> <li>• Verificación de Giro</li> <li>• Cambios de Nombre</li> <li>• Carta de No Adeudo</li> <li>• Solicitud de Bajas</li> <li>• Altas al INSEN</li> </ul> <p><b>FACTURACIÓN</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informe sobre Factura</li> </ul>	<p><b>MEDICION</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección por Alto Consumo</li> <li>• Instalar un Medidor</li> <li>• Inconsistencia de Lectura</li> <li>• Error de Lectura</li> <li>• Respuesta de Inspección</li> </ul> <p><b>COBRANZAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Plazos</li> <li>• Convenio por Agua</li> <li>• Abono al Servicio de Agua</li> <li>• Abono al Convenio</li> <li>• Sanciones Varias</li> <li>• Reconexiones</li> <li>• Multa por Reconexión</li> <li>• Descuentos</li> </ul>
--	---

Elaboración propia con datos de la JMAS, Depto. de Atención Múltiple.

Por tanto, la oficina de atención múltiple atiende lo relacionado a convenios, contratos, bajas, suspensiones, trámites y quejas en todo lo que se relacione con el giro doméstico.

*Las atenciones se clasifican en dos rubros:*

- ✓ De tipo "A", son trámites que puede solucionar la misma oficina.
- ✓ De tipo "B", en este caso se tiene que involucrar otras oficinas, como son: el área de registro de usuarios, medición, facturación, y cobranza. En este plan se consideran 2 citas que tiene que hacer el usuario. Ninguno se encarga con lo relacionado al problema del rezago; cobranza hace las notificaciones pertinentes.

**Estadísticas de atención a usuarios 2011**

De 287,395 usuarios atendidos, solamente 287,365 usuarios terminaron realmente el proceso de su solicitud y 30 usuarios no regresaron a concluir su solicitud, es decir el 99.98% fueron atendidos. En la Tabla 5.4, se muestra la distribución de 287,365 usuarios atendidos en un año, con su respectivo porcentaje. Se clasificaron sus trámites en los **cuatro departamentos: Registro de usuarios, Medición, Facturación, y Cobranzas.**

Tabla 5.4. Distribución de las estadísticas por Depto. del Área Comercial

<b>REGISTRO DE USUARIOS</b>			0.05%	116	Error de Lectura
0.44%	1,259	Solicitud de Contrato	5.38%	15,459	Respuestas de Inspección
1.30%	3,747	Contrato	<b>FACTURACIÓN</b>		
0.91%	2,623	Convenio Por Contrato	32.06%	92,132	Informes Sobre Factura
0.04%	122	Reposición de Toma	<b>COBRANZAS</b>		
0.51%	1,463	Verificación de Giro	6.51%	18,688	Plazos
1.02%	2,936	Cambios de Nombre	3.05%	8,757	Convenios Por Agua
0.14%	394	Carta de No Adeudo	9.58%	27,524	Abonos Al Servicio de Agua
2.46%	7,055	Solicitud de Bajas	2.67%	7,673	Abonos Al Convenio
16.56%	47,574	Altas al INSEN "WW"	0.87%	2,480	Sanciones Varias
<b>MEDICIÓN</b>			3.17%	9,099	Reconexiones
5.87%	16,846	Inspecciones Por Alto Consumo	0.03%	80	Multas Por Reconexión
1.05%	3,011	Instalación de Medidor	6.13%	17,591	Descuentos
0.26%	736	Inconsistencia de Lectura			

Elaboración propia con datos de la JMÁS, Depto. de Atención Múltiple.

En el 2011, el Padrón de Usuarios era de 436,899 cuentas, y el Departamento de Atención Múltiple reportaron 287,395 usuarios por atender su solicitud de algún servicio, del total de cuentas representa el 65.78%, el indicador alto. Y el 34.22% de los usuarios activos no presentaron quejas. Por otro lado, en la Figura 5.10, se muestran los resultados de forma gráfica, donde se puede observar un panorama más claro, y que conceptos se tienen que mejorar para disminuir el porcentaje, y todas estas fallas impactan en el mejoramiento y actualización del padrón de usuarios, es otra de las formas de evaluar la confiabilidad de la base de datos. El manejar índices de gestión nos permiten visualizar de manera muy general de cómo está operando el padrón de usuarios.

## ESTADÍSTICA DE ATENCIÓN MULTIPLE DE USUARIOS ATENDIDOS Y RESUELTO SU PROBLEMA PERIODO ANUAL

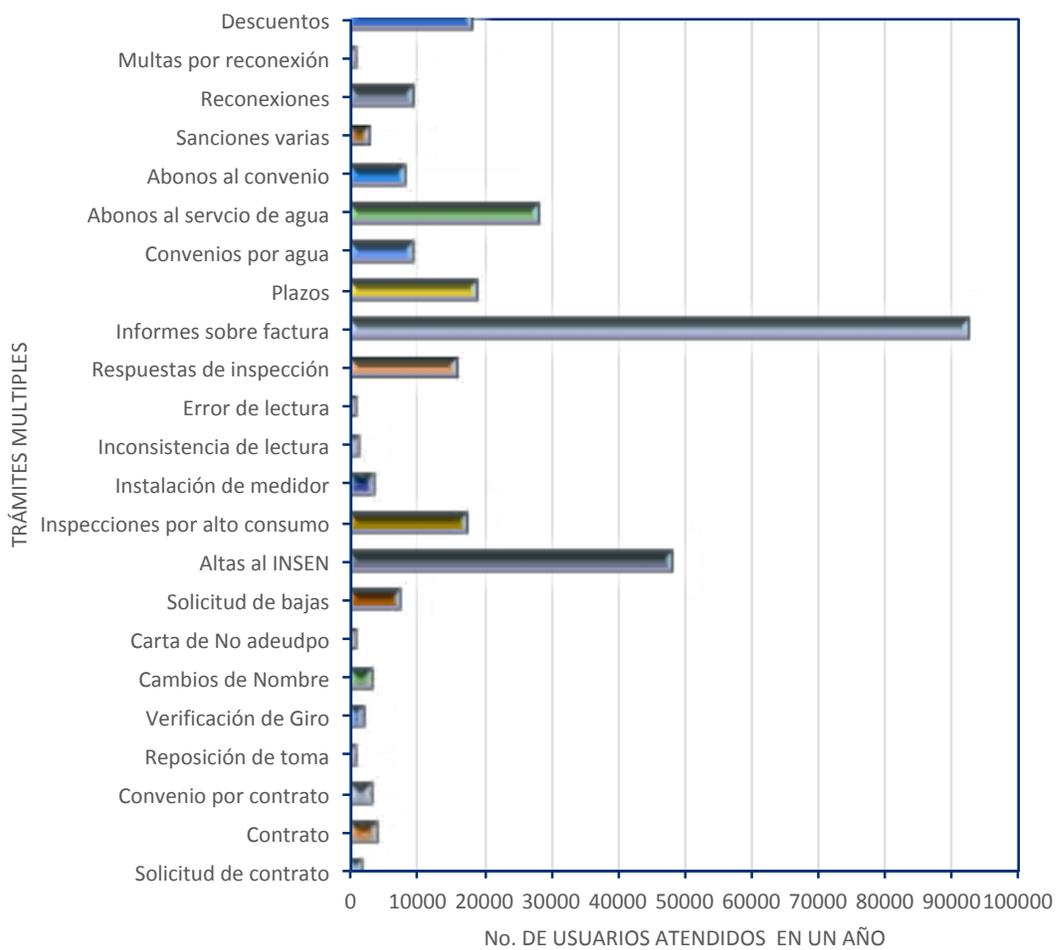
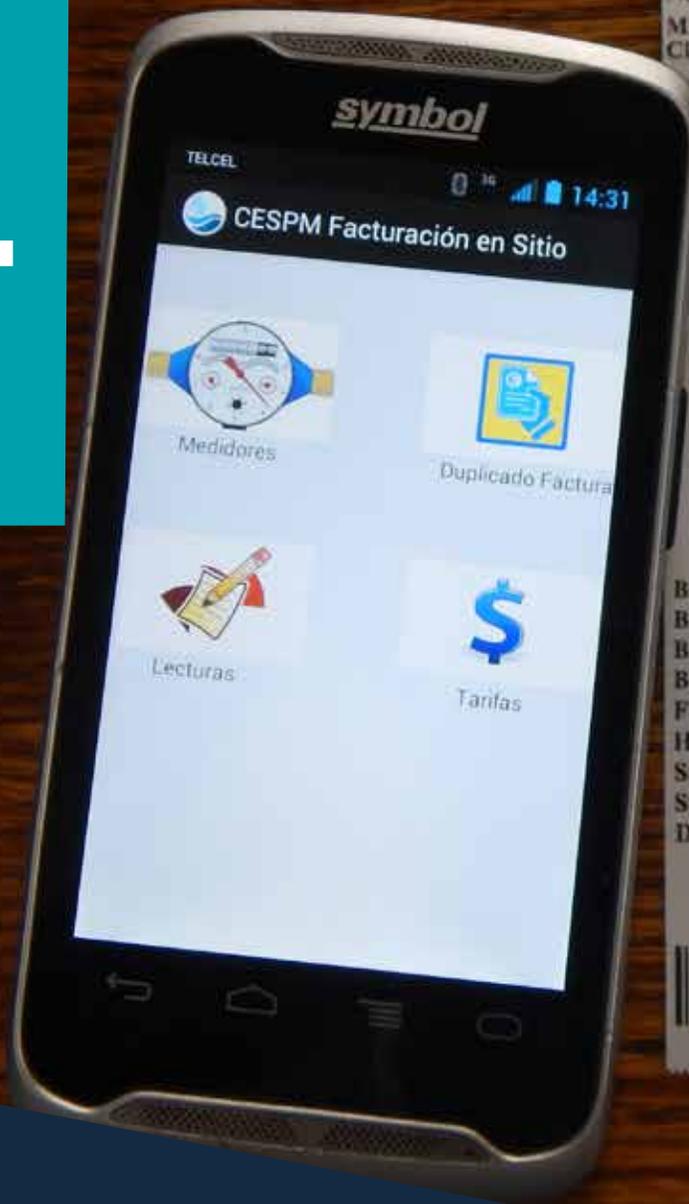


Figura 5.10. Diagrama de depuración de registros catastrales [EPS.-Sedaloretto S.A.]

## 5.13. Bibliografía

- Cruz Flor V.; López Ramón I.; Bourguett Víctor J.; Alcocer Víctor H.; (2005). ADOSAPACO-IMTA.- *Estudio para el Mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento de la ciudad de Oaxaca, Oax.* pp 8-20.
- EPS Sedoloreto S.A. (Abril 10 de 2015). *Manual de Catastro comercial de agua potable y alcantarillado.*
- Hansen Patricia; Antúnez Edgar; Maldonado Juan; Caldiño Ignacio; Espinoza Joselina-. (2007). *Resultados de la actividad de vinculación para impulsar la mejora de la eficiencia comercial del organismo operador de Quiroga.*
- IMAS de Juárez-JCAS-IMTA (2011). *Estudio simplificado de la situación de la junta municipal de agua y saneamiento Juárez, Chihuahua.* pp 39-67.
- JAPAY (2005). *Manual del departamento de contratos.*
- JAPAY (2001). *Manual del departamento de gestión y cobranza.*
- JAPAY (2011). *Manual del departamento de lecturas.*
- Ochoa Leonel; Maldonado Juan; Matín Alejandra; Hansen Patricia; (2005). *Proyecto: Diagnóstico integral de los Organismo Operadores de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario (OOAPAS) Pátzcuaro, Tzintzuntzan, Erongarícuaro y Quiroga de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro.- Anexo 4. Actualización del Padrón de Usuarios y estimación de consumos de Pátzcuaro, Mich.*
- Programa Integral de desarrollo metropolitano de Mérida (PIDEM). (2004). *II. Análisis Estratégico de la ZMM.- I 1.6 Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial*
- Rodríguez Manuel J.; Maldonado Juan (2014). OOAPAS de Morelia-IMTA. Estudio de Sectorización de la Red de Distribución de Agua Potable de Morelia.
- Saavedra Jorge C.; Rodríguez Arturo; (<https://www.ircwash.org/sites/default/files/264-5202.pdf>). (Artículo 1987). *Recuperación del costo de los servicios de agua potable*; Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), SARH; CEPIS:264-87RE.

# Capítulo 6



Comision Estatal de Servicios Publicos de Mexicali  
Río Simón #1399 Col. Vallarta  
C.P. 21270 Mexicali, Baja California

Fecha Limite de Pago: **16-Jul-2016**

RFC: FBM130627Q86  
Nombre: A.C. FRACCIONAMIENTO BILBAO MEXICALI  
Domicilio: EUCALIPTO AV.  
Colonia: FRACC. HACIENDA BILBAO  
Negocio: "ABEAS VERDES"

Medidor: 0000005955 Ruta: 00002-10  
No. de Cuenta: 01-846-0096-00 Zona: 04  
Mes Facturado: Jul-2016 Libro: 3  
Clave: BHB-999-001 TS: No Domestico

Periodo: 04/JUN/2016- 03/JUL/2016  
Ultimo Pago: May-2016

Cantidad Actual:	6292	Consumo:	182
Cantidad Anterior:	6110	Consumo:	160

Consumo del Mes:	7.872,23
Consumos Anteriores:	2.109,65
Convenios:	0,00
Otros Servicios:	0,00
Credito a Favor:	0,00
Descuentos:	5.510,56
IVA:	707,99
Cruz Roja:	2,00
Redondeo:	-0,31
<b>Total:</b>	<b>5.181,00</b>
Saldo a Favor:	0,00

Bajo	367601003499036413175287
Banamex B	367601003499036413175287
Bancomer	0811866-3499036409455238
Banorte	82618-00000349903641317550
Famsa	00349903645116
HSBC	3998-3499036413175282
Santander	2632-00003499036428055258
Scotiabank	3617-367601003499036413175287

Domiciliacion Digita Verificador 3

# Factura: 0034990364

0034990364201607160000051819



# SISTEMAS DE MEDICIÓN DE CONSUMOS Y SU PLANIFICACIÓN (EFICIENCIA DE MICROMEDICIÓN)

## 6.1. Introducción

La micromedición es el conjunto de acciones que permite conocer sistemáticamente el volumen de agua consumido por los usuarios, lo que garantiza que el consumo se realice dentro de los patrones establecidos y que la cobranza sea justa y equitativa por los servicios prestados (Cohelho, A. C., 1995).

La medición de consumos (micromedición) y su eficiencia es uno de los factores más importantes para alcanzar la eficiencia total de la calidad en los servicios de agua potable en el escenario de la comercialización del servicio. Es uno de los subsistemas del sistema comercial, cuyo objetivo es determinar de manera sistemática el volumen que consumen periódicamente los usuarios, para el cobro equitativo de los servicios prestados. Con su aplicación eficiente se puede controlar la utilización racional del servicio, de otra manera los consumos estarán fuera de control, y la capacidad de producción se sobrepasará antes de lo planeado.

Al cobrar al consumidor una cuota fija, tiene derecho a usar toda el agua que desee. Un cambio en esta tasa fija no va a causar que el usuario cambie sus hábitos de consumo ya que, desde su punto de vista, el precio unitario del agua no cambia, sin importar la tasa que se le cobre. Este método de cobrar conduce al desperdicio de agua. El consumidor no tiene incentivo para mantener en buen estado el sistema de distribución en su domicilio, a menos que el ruido del agua que gotea no lo deje dormir (Bartone, 2003).

La medición de consumos permite conocer la demanda de los diferentes tipos de usuarios, lo que proporciona parámetros realistas que son necesarios para la elaboración de proyectos de expansión. Sin la medición no puede haber un control efectivo de la producción, de la distribución y del consumo de agua y, consecuentemente, de la colecta, tratamiento y destino de las aguas servidas. Con la medición de consumos y la aplicación de un sistema tarifario adecuado se induce al usuario a reducir consumos y desperdicios, con lo cual se generan beneficios técnicos, financieros, sociales y económicos (Cohelho, 1995).



Por otra parte, los pesos y las medidas son la base para el comercio, el mercado y las leyes para su regulación. Los productos de consumo se compran por peso, por tamaño, o por volumen; los servicios como la electricidad y el agua, también se miden para la aplicación de tarifas que permitan cubrir los costos que se generan con su prestación, afectando a su vez las economías domésticas. Por ello todas las actividades diarias están ligadas a la metrología. El agua suministrada también se debe cobrar con base en el consumo medido.

Como parte de una micromedición eficiente se requiere incrementar la cobertura de medición mediante: a) Instalación de medidores en tomas de cuota fija, b) instalación de medidores en las tomas nuevas, c) Sustitución de medidores deteriorados (parados, rotos, empañados, y con otros daños), y d) Sustitución de medidores por antigüedad que estén perdiendo exactitud y ocasionando submedición. La micromedición eficiente requiere además que se tomen lecturas en los aparatos de medición y que se haga correctamente, por personal capacitado y certificado, que los consumos no se inventen o se sesguen.

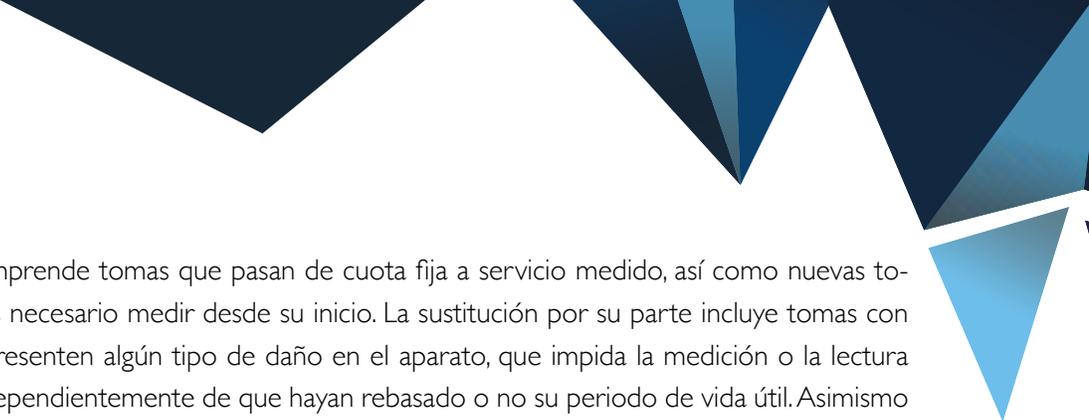
Asimismo para cumplir eficientemente sus funciones, mantener el área de micromedición (subsistema de medición de consumos) bien organizada, modernizada y capacitada, en aspectos como: rutas y programas de lecturas y de notificaciones, vehículos de transporte (camionetas, motos, bicicletas), uso de terminales remota para registro de lecturas (hand helds), rendimientos (número de lecturas por día por lectorista), parque de medidores, sistema de información de la micromedición, etcétera.

Con el incremento de la micromedición eficiente, se espera tener reducción de consumos, y si no se toman medidas en la operación de las redes, el volumen ahorrado en consumos se puede perder por fugas debido al aumento de presión que se origina por dicho ahorro. Lo conveniente es realizar acciones paralelas de reducción y control de pérdidas, tanto comerciales como físicas.

## 6.2. Planificación del incremento de la cobertura de medición

### 6.2.1. Casos de instalación y sustitución de medidores

Los proyectos de instalación y sustitución de medidores de consumo en las conexiones domiciliarias de usuarios de los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento (domésticos, comerciales, industriales, públicos y otros), tienen diversos objetivos y beneficios, entre los que se encuentran los económicos y financieros, que permiten evaluar su rentabilidad, y decidir sobre su pertinencia.



La instalación comprende tomas que pasan de cuota fija a servicio medido, así como nuevas tomas en las que es necesario medir desde su inicio. La sustitución por su parte incluye tomas con medidores que presenten algún tipo de daño en el aparato, que impida la medición o la lectura de consumos, independientemente de que hayan rebasado o no su periodo de vida útil. Asimismo tomas con medidores que hayan bajado su rendimiento por haber cumplido su periodo de vida útil estimado, específico para la ciudad o localidad de que se trate.

Respecto a la vida útil y robustez de los aparatos de medición, esta tiene que ver con el tipo de medidor y los materiales de fabricación, pero también es función de las condiciones locales de calidad del agua, así como ambientales (temperaturas extremas, inundaciones, y otras) y operacionales (volúmenes y gastos de consumo, continuidad del servicio, tandeos con flujo de aire, rango de presiones, etcétera), de mantenimiento por parte de los operadores, y otras como vandalismo y daños ocasionados por manipulación de usuarios en su intento por afectar las mediciones. Por ello es necesario poner atención al dimensionamiento y selección de modelos adecuados a dichas condiciones.

También existe la sustitución por sobredimensionamiento o subdimensionamiento del medidor existente, ocasionando el primer caso submedición y el segundo disminución de vida útil por trabajar con gastos de sobre carga. Otro caso es el de sustitución por cambio de tecnología que genere también beneficios. Se prevé que con la entrada de medidores electrónicos, electromagnéticos y ultrasónicos, en el mercado de medidores domiciliarios de consumo, los mecánicos, de velocidad y volumétricos, vayan quedando gradualmente en desuso.

La sustitución puede darse en combinación con la reubicación, por aparatos que además de alguna de las dos necesidades anteriores de cambio, estén instalados dentro de los predios, obstruyéndose la toma de lecturas. Puede darse el caso también de sólo la reubicación en caso de que los aparatos estén en buenas condiciones.

Para cada uno de las posibilidades anteriores es necesario estimar los beneficios en volumen que impliquen incremento de ingresos o disminución de egresos, o bien beneficios económicos directos como los que pudieran darse con la modernización de los sistemas de medición, con procesos más eficientes y confiables en la lectura de consumos; por ejemplo la telemetría y sistemas de radio frecuencia, para consumidores industriales, residenciales y otros.

En la Tabla 6.1 se resumen siete acciones de instalación y sustitución de medidores para incrementar la cobertura efectiva de medición, y se indican las clases de tomas más frecuentes para cada caso. Se indica también la prioridad recomendada de cada acción, en función del beneficio esperado como se explica en el siguiente apartado, aunque dependerá también del caso específico que se trate, con sus circunstancias propias.

## 6.2.2. Beneficios generales de la medición

Con la medición de consumos y la aplicación de un sistema tarifario adecuado se induce al usuario a reducir consumos y desperdicios, con lo cual se generan beneficios técnicos, financieros, sociales y económicos (Cohelho, A. C., 1995).

Tabla 6.1. Casos de instalación y sustitución de medidores de consumo.

No	Acción de cobertura de micro medición	Tomas más frecuentes	Observaciones
1	Instalación de medidores en tomas de cuota fija,	Domésticas	Prioridad 1
2	Instalación de medidores en las tomas nuevas,	Primeramente domésticas y luego de otra clase	Prioridad 1
3	Sustitución de medidores deteriorados (parados, rotos, empañados, y con otros daños),	Principalmente domésticas	Prioridad 1
4	Sustitución de medidores que por antigüedad estén perdiendo exactitud y ocasionando submedición	De todas las clases	Prioridad 2 La pérdida de rendimiento depende también de del tipo de medidor.
5	Sustitución por sobredimensionamiento o subdimensionamiento del medidor existente	Comerciales, industriales, públicas (altos consumidores)	Prioridad 1
6	Sustitución-reubicación	Domésticas	Prioridad 2
7	Sustitución por cambio de tecnología	Comerciales, industriales, públicas	Prioridad 2

Dentro de los **beneficios técnicos y operacionales** del control de consumos mediante la medición, se tienen los siguientes (Cohelho, A. C., 1995):

- A) Posibilidad de abastecimiento permanente o continuo al disminuir la necesidad de quitar el servicio a usuarios de zonas bajas para darlo a los de las zonas altas más desfavorables
- B) Se evita que el periodo establecido de vida útil de la infraestructura, principalmente de producción, se reduzca, aplazando la captación en fuentes más lejanas y profundas y con agua de menor calidad
- C) Saber si existen fugas en las instalaciones internas de los usuarios; estimar junto con la macromedición las pérdidas por fugas en las redes de distribución
- D) determinar las demandas por tipo de usuarios, necesarias para proyectos de ampliación de cobertura del servicio; disponer de agua ahorrada para nuevos usuarios.

Con respecto al servicio continuo, se requieren menos maniobras de apertura y cierre de válvulas, y se conserva la vida útil de las tuberías al disminuir sobre esfuerzos en los materiales (Yepes, 2000);

Los principales beneficios de tipo financiero son:

- E) Incremento de ingresos por el consumo medido
- F) Incremento de ingresos por la comercialización de agua ahorrada, y disminución de costos de operación
- G) Incremento de ingresos por contratación de nuevos usuarios a los que sus vecinos con toma medida ya no les regalan el agua
- H) Con menos maniobras de apertura y cierre de válvulas se tienen ahorros de mano de obra, y ahorros futuros por costos de reparación de roturas y por agua desperdiciada en las fugas.

Dentro de los beneficios sociales se tiene:

- I) El cobro proporcional al consumo, y
- J) La mejora en la calidad del servicio para todos los usuarios, ya sea en las zonas céntricas y con mayor presión, o en las zonas altas y periféricas.

Los beneficios económicos principales del control de consumos son:

- K) La postergación de inversiones para ampliar la oferta de agua, como en: obras de captación más lejanas y profundas, con mayores requerimientos de potabilización, y los respectivos acueductos y costos sociales a cubrir.

### 6.2.3. Beneficios por instalación (cuota fija y tomas nuevas) y sustitución por deterioro

Se considera que las tomas de cuota tienen una condición no deseada de cobro por el servicio, que se subsana con la instalación de medidores para reducir y controlar consumos, mientras que la instalación de medidores en las tomas nuevas, previene el consumo sin control. Asimismo si las tomas con medición sufren daños en su aparato de medición, de modo que ya no se pueda medir el consumo, mientras este no se sustituya, en algunos casos les cobran un promedio de lo que venían consumiendo, manejándose como cuota fija (ver Figura 6.1). Por tanto la instalación de medidores en tomas nuevas y la sustitución en tomas con medidores deteriorados, se considera que tienen los mismos beneficios que la instalación en tomas de cuota fija.

En un estudio de uso residencial de agua realizado en los Estados Unidos se compararon consumos de uso medido y de cuota fija, resultando un promedio total anual de 458 galones por día por vivienda para el primer caso y 690 para el segundo (1,733.53 L/toma/día y 2,611.65 L/toma/día),

esto es 50.6% mayor el consumo de cuota fija que el medido. La componente que más influyó en los resultados fue el riego de jardines, como se muestra en la Tabla 6.2 (Linaweaver, et al, 1965).



Figura 6.1. Medidores sustituidos por deterioro.

Tabla 6.2. Comparación entre uso residencial medido y de cuota fija.

Desglose del consumo residencial	Promedio anual (gallones por día por vivienda)	
	Áreas medidas	Áreas de cuota fija
Fugas	25	35
Uso doméstico	247	236
Riego de jardines	186	420
Total	458	690

Fuente: (Linaweaver, et al, 1965).

Estos resultados son retomados por (Bartone, 2003), que además analiza otros estudios de Estados Unidos y Latinoamérica, en los que se obtiene el impacto en reducción de consumos al incrementar las coberturas de medición (ver **Tabla 6.3**). En cada ciudad o grupo de ciudades se indica su cobertura inicial (%), su cobertura final (%), la reducción de consumo obtenida (%), y su impacto (%), este último al dividir el % de reducción entre el incremento de cobertura (cobertura final menos cobertura inicial). El impacto promedio resultante es de 57%, que está dentro del orden del obtenido en el anterior estudio.

Tabla 6.3. Efectos de la instalación de medidores sobre el consumo de agua.

Lugar	Cobertura (%)		Reducción de consumo (%)	
	Inicial	Final		
Boulder, E.U.A	5	100	40	42
Philadelphia, E.U.A	73	100	11.5	43
Lima, Perú	44	100	30	54
Cali, Colombia	0	80.5	44	55
Bogotá, Colombia	7.4	68	54	89
San Isidro de P.Z., Costa Rica	0	80	50.5	63
Sao Paulo, Brasil	84	100	9	56
Uruguay, 1966, 22 ciudades	(30) <sup>b</sup>	(90) <sup>b</sup>	46	77
Uruguay, 1960, 28 ciudades	(0) <sup>c</sup>	(100) <sup>c</sup>	36	36
				Prom=57

b: La cobertura en las 22 ciudades varía desde 30 hasta 90%.  
c: En el trabajo original se suponía que la cobertura variaba de cero hasta 100% en todas las ciudades consideradas.

Fuente: (Bartone, 2003).

Aunque un factor importante en los anteriores resultados son las tarifas y otros factores particulares, se puede considerar un volumen de consumo no medido 50% mayor al consumo medido.

Para el caso del servicio tandeado en tomas de cuota fija, habría que considerar las horas efectivas de servicio en la estimación de la reducción esperada de consumos.

#### 6.2.4. Beneficios de sustitución debido a antigüedad y baja de rendimiento de los medidores

Los beneficios de la sustitución de medidores por antigüedad o vida útil concluida, corresponden a los volúmenes que se espera se vuelvan a medir y a facturar; debido a la submedición y baja en el rendimiento de los aparatos de medición actuales. Sin embargo, la decisión de sustituirlos se toma en función de la rentabilidad de las inversiones que implica la sustitución, lo cual involucra las tarifas que se apliquen. Esto es: Costos de la sustitución, y beneficios económicos, como producto de los volúmenes que se vuelven a medir y de las tarifas aplicadas a dichos volúmenes.

La vida útil de los medidores de consumo, entendida como el tiempo en años que éstos pueden mantener un rendimiento o eficiencia de medición adecuado, es decir, dentro de los límites permisibles de error de un estándar o bien cuando la submedición o los volúmenes que se estén dejando de medir hagan rentable su sustitución. Esto último depende de los costos de adquisición y de mano de obra de sustitución, así como de los beneficios económicos, que dependen de las tarifas que se estén aplicando, principalmente.

Como se ha indicado, la vida útil de los aparatos de medición tiene que ver por un lado con la robustez de los medidores, tipo y clase, materiales y calidad de fabricación, y por tanto con marca y modelo. Por otra parte depende también de las condiciones locales de calidad del agua, las ambientales y operacionales, y de su selección, dimensionamiento, instalación y mantenimiento adecuados, y otras más.

#### 6.2.4.1 Vida útil según mejores prácticas de medición

Se ha visto también que los errores de la medición de consumos incluyen: errores de procedimientos en la contabilidad de volúmenes (como lecturas mal tomadas, estimaciones incorrectas para medidores parados, cálculos inapropiados, etcétera), y sub y sobre medición de los medidores. Ver el apartado “Cuatro acciones de reducción y control de pérdidas comerciales” del Capítulo 3.

Sobre la submedición de medidores, las políticas de reemplazo económico para medidores residenciales basadas en programas de pruebas selectivas, informes nacionales de varios países indican generalmente períodos de cambio entre 5 y 10 años. Ver en la Tabla 6.5 se muestran algunas prácticas internacionales sobre la vida útil de medidores de consumo (Lambert, 2002).

Conviene recordar que dentro de los beneficios técnicos y operacionales de la micro medición descritos en el apartado 6.2.2, se tienen los balances de agua, junto con la macromedición, para estimar las pérdidas por fugas en las redes de distribución.

Tabla 6.4. Atención al problema de submedición en varios países. Fuente (Lambert, 2002).

No.	País	Situación del problema de sub medición
1	Malasia	Vida útil de medidores de consumo 7 a 10 años
2	Corea	Fondos para reemplazo de medidores mediante tarifas subsidiadas
3	España (Murcia)	Problemas de medición en caudales bajos (incluyendo fugas intra domiciliarias). Pruebas en medidores de chorro único Clase B en casas muestran una sub medición promedio de 6%.
4	Dinamarca	Los medidores de consumo deben aprobarse por pruebas puntuales o reemplazarse, cada 8 años.
5	Tailandia (Bangkok)	Medidores con sub medición: 2%, medidores con mal funcionamiento: 2.5%.
6	Marruecos	Medidores con sub medición: 10% al 15%

En la aplicación del estándar IWA del balance de agua se debe decidir cómo manejar los errores de la macromedición y de la micromedición. Una opción es corregir cualquier error conocido en el volumen de entrada al sistema al inicio del cálculo (macromedición), lo cual no sólo refuerza la necesidad de realizar controles regulares en la exactitud de los medidores de entrada (macromedidores), sino que además busca asegurar que los únicos errores de medición en las pérdidas apa-

rentes sean las de los medidores de consumos (micromedición), haciendo más fácil de interpretar el volumen calculado (Lambert, 2002).

#### 6.2.4.2 Evaluación del rendimiento del parque de medidores

Mediante muestreos de evaluación de los aparatos instalados localmente es decir del parque de medidores de cada empresa de agua (según los tipos y clases de aparatos seleccionados, dimensionados, instalados y mantenidos), con sus propias condiciones locales (calidad del agua, ambientales y operacionales) y de antigüedad, se pueden determinar sus errores actuales, y con análisis costo beneficio de sustitución, determinar si el cambio es rentable ver en el Capítulo 3 las ecuaciones para determinar el tamaño de las muestras, así como el procedimiento para evaluar el funcionamiento de los aparatos de medición a través de la prueba de errores, de conformidad con la NOM-012-SCFI-1994 (SECOFI, 1994). Ver también el procedimiento recomendado para evaluar los medidores de grandes consumidores.

Ver en la Figura 6.2 el procedimiento aplicado para evaluar el rendimiento del parque de medidores de Ciudad Delicias, Chihuahua, con medida volumétrica certificada de 20 L, conforme a (SECOFI, 1997), cronómetro digital. Ver en la Figura 6.3 el resultado de un medidor evaluado en Ciudad Acuña, Coahuila, en la que se observa que en flujos bajos la submedición es mayor al 2%.

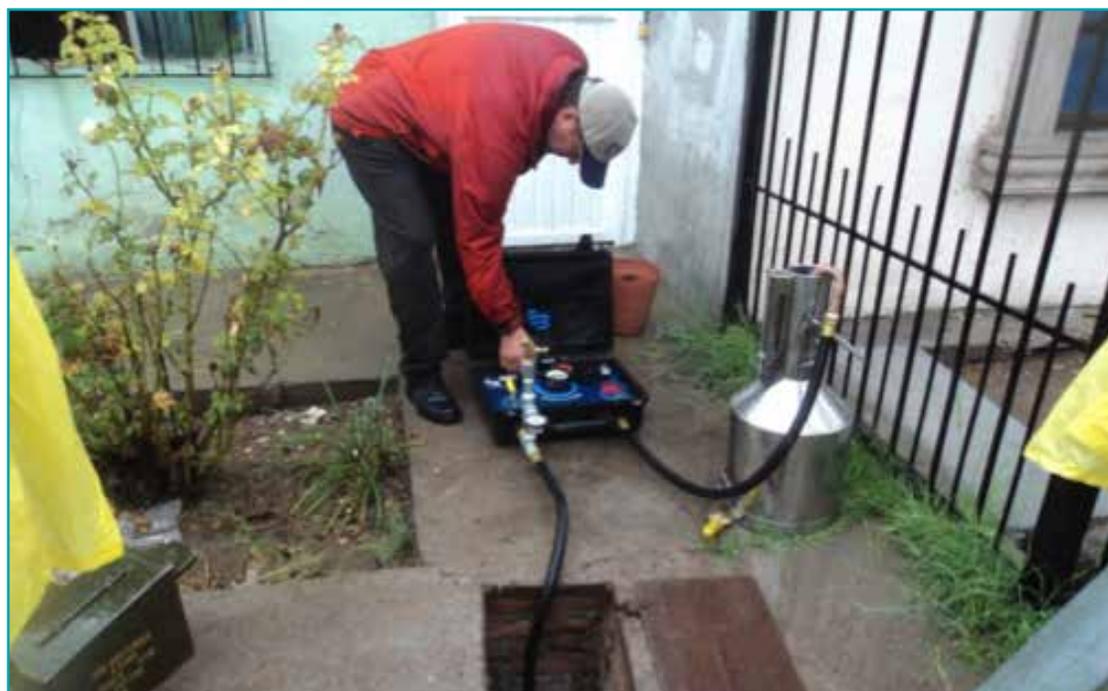


Figura 6.2. Evaluación del rendimiento de medidores en sitio.

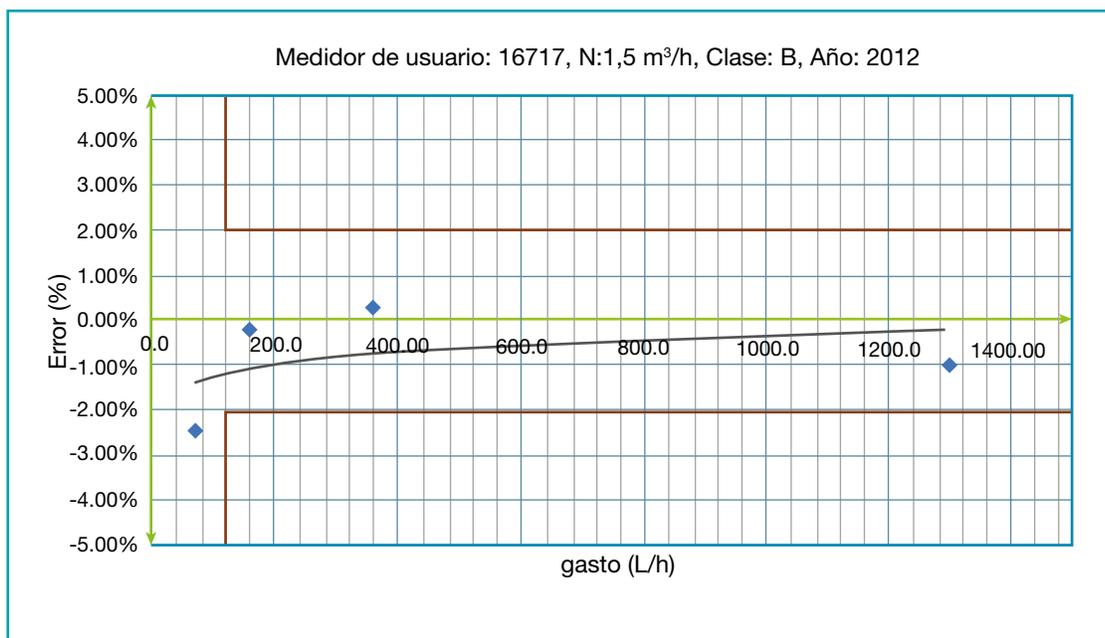


Figura 6.3. Resultado de prueba de errores de un medidor conforme a norma (SECOFI, 1994).

Conforme (Ferréol, 2005) el fin último no es determinar la pérdida de exactitud de los medidores sino su pérdida de eficiencia. La diferencia es que la exactitud del medidor se obtiene en un banco de pruebas a diferentes caudales de flujo, en los cuales el medidor da su respuesta en términos del porcentaje de volumen que puede medir. Para la eficiencia, primero se debe explicar el patrón de consumo. Como un medidor tiene una exactitud que depende del caudal de flujo, es importante observar el consumo de un usuario de acuerdo con los rangos de flujo, indicando para cada rango la proporción de agua que está pasando. Con esto se obtiene un peso para cada intervalo de flujo. Esta carta es llamada el patrón de consumo. Ver Figura 6.4.

La eficiencia del medidor corresponde a lo que el medidor puede medir de cierto patrón de consumos. Es la multiplicación de la curva exactitud (ver Figura 6.3) por el patrón de consumo. La metodología propuesta para estudiar la eficiencia de un parque de medidores residenciales se muestra en la Tabla 6.5 (Ferréol, 2005):

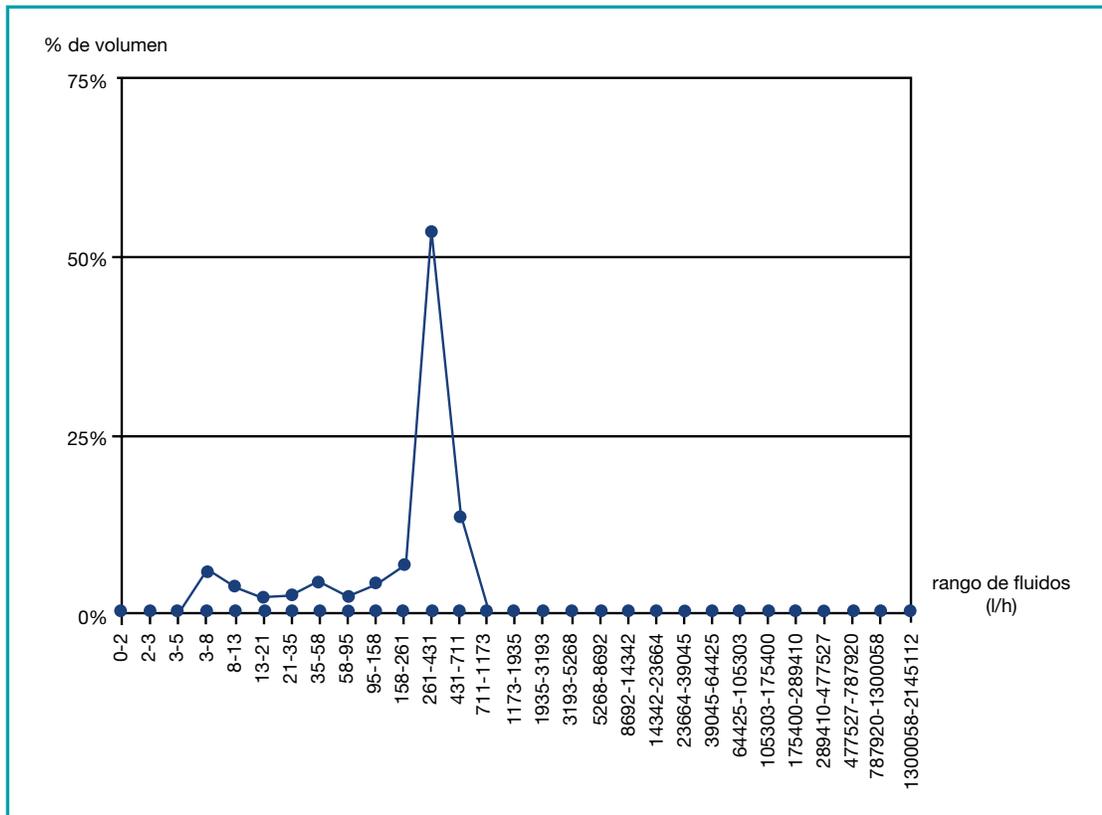


Figura 6.4. Patrón de consumo de un cliente residencial. Fuente (Ferréol, 2005).

Tabla 6.5. Metodología para estudiar la eficiencia de un parque de medidores residenciales. Fuente (Ferréol, 2005).

Clientes	Medidores
Segmentación	Segmentación
Muestreo	2. Modelación de leyes de envejecimiento
Estadísticas	3. Muestreo
Modelos de consumo	4. Estadísticas
	Leyes de envejecimiento

Mediante la combinación de patrones de consumo con leyes de envejecimiento, se puede calcular la evolución de la eficiencia del parque de medidores en el tiempo, de acuerdo con criterios influyentes. Ver ejemplo de la Ver Figura 6.5, en la que la curva azul de en medio muestra que al sexto año de instalación la eficiencia del medidor es del 95%, por lo que si pasan 180 m<sup>3</sup> por el aparato, éste sólo registra 171 m<sup>3</sup> para ser facturados.

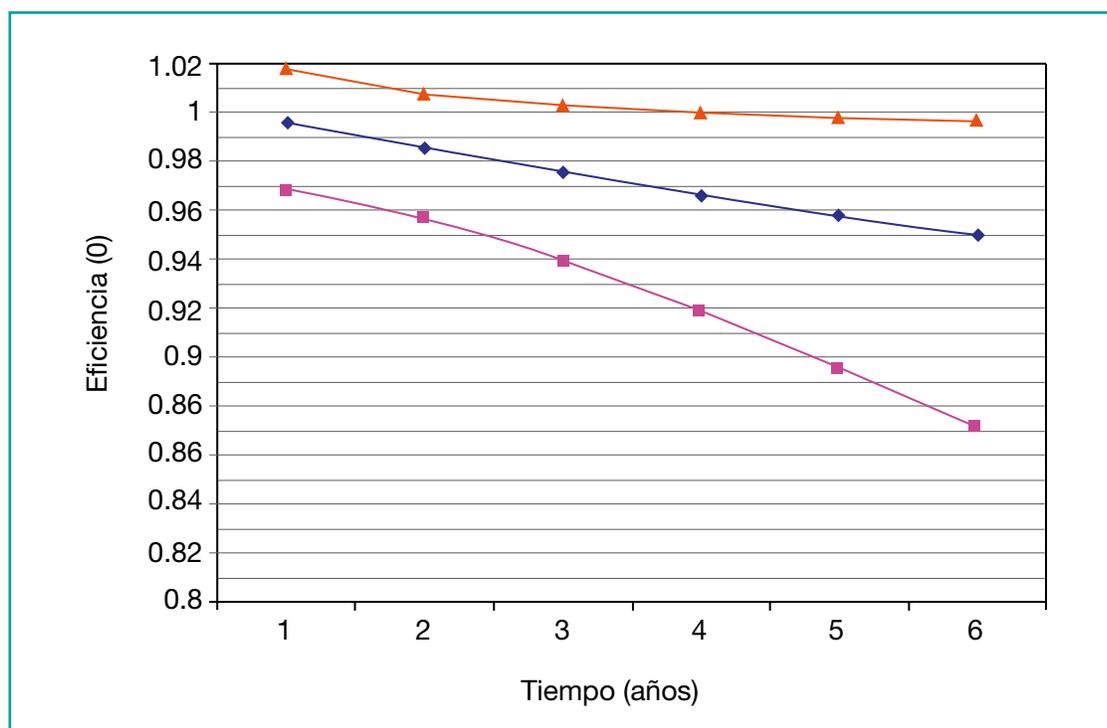


Figura 6.5. Evolución con el tiempo de la eficiencia de un parque de medidores.  
Fuente (Ferréol, 2005).

### 6.2.4.3 Modelos de sustitución de medidores

Plan de sustitución de medidores basado en un indicador compuesto, este método fue propuesto por (V. Puleo et al, 2013). De acuerdo con este, la complejidad del fenómeno físico asociado con los errores de medición en aparatos envejecidos, no permite que su reemplazo sea guiado por parámetros simples, tales como la edad del medidor o el volumen total que ha pasado a través del medidor:

Para consumos en caudales medios y altos, el error puede ser muy bajo. Para consumos en flujos tan bajos como el mínimo, el error puede ser negativo (sub medición) y muy alto hasta alcanzar el -100% en flujos de arranque.

Los métodos usados para identificar una adecuada frecuencia de reemplazo de medidores y determinar el tipo de medidor más apropiado, están basados en pruebas de laboratorio de los medidores usados, mediciones de campo de los modelos reales de consumo, o el uso del sistema de datos de facturación de la empresa de agua. Una solución es generalmente obtenida al minimizar una función representativa de los costos anuales promedio del medidor; que incluye el costo del equipamiento, su instalación y el agua no contabilizada.

El plan de sustitución basado en un Indicador Compuesto de reemplazo (RI), se desarrolló como una combinación de tres variables significantes: la edad del medidor; la presión de la red de distribución en el medidor; y el volumen de agua pasando a través del medidor. El propósito de este indicador compuesto es proveer una clasificación consistente para el reemplazo de medidores instalados en una red de agua potable.

El indicador compuesto *RI* se obtuvo de las componentes normalizadas, pesadas y agregadas, para lo cual se utilizaron los métodos *min-max*, estandarización, y distancia a una referencia, que se describen en el Capítulo 10, y cuyas ecuaciones adaptadas son respectivamente las siguientes, conforme a (V. Puleo et al, 2013).

$$I_{q,c} = \frac{X_{q,c} - \min_c(X_q)}{\max(X_q) - \min(X_q)} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

$$I_{q,c} = \frac{X_{q,c} - \text{mean}(X_q)}{\text{std}(X_q)} \quad \text{Ecuación 6.2}$$

$$I_{q,c} = \frac{X_{q,c}}{X_{qref}} \quad \text{Ecuación 6.3}$$

Donde  $X_{q,c}$  es el valor genérico del sub indicador  $q_{th}$  para el medidor  $c$  y  $c=1, \dots, M$ , siendo  $M$  el total de medidores analizados;  $I_{q,c}$  es el valor normalizado;  $\min(x_q)$ ,  $\max(X_q)$ ,  $\text{mean}(X_q)$  y  $\text{std}(X_q)$  son los valores mínimo, máximo, medio y desviación estándar de  $x_q$  a través de todo el conjunto de datos, respectivamente; y  $x_{ref}$  es un valor de referencia. En el método propuesto, el valor máximo de cada indicador fue usado como el valor de referencia.

En adición a los pesos implícitos estimados por el paso de normalización, se introducen pesos explícitos durante la agregación para reflejar la importancia relativa de cada componente. Frecuentemente se asume lo siguiente:

$$\sum_{q=1}^Q w_q = 1, \text{ con } 0 \leq w_q \leq 1, \text{ para } q = 1, \dots, Q \quad \text{Ecuación 6.4}$$



donde  $w_q$  es el peso adjunto de cada componente individual,  $I_q$ , y  $Q$  es el número total de componentes individuales. Se consideraron tres casos: pesos iguales, pesos basados en el juicio de expertos, y pesos proporcionales al inverso del valor promedio del indicador individual para cada medidor.

Respecto a las técnicas de agregación, la literatura ofrece un métodos aditivo y otro menos común, incluyendo agregación multiplicativa (geométrica) y no lineal. La Ecuación 6.5 y la Ecuación 6.6 representan los métodos aditivo y geométrico de agregación.

$$RI = \sum_{q=1}^Q w_q I_q \quad \text{Ecuación 6.5}$$

$$RI = \left( \prod_{q=1}^Q I_q \right)^{w_q} \quad \text{Ecuación 6.6}$$

donde  $RI$  es el indicador compuesto. De esta manera se creó una clase de reemplazo consistente con los valores  $RI$  estimados.

De acuerdo con la anterior explicación, son posibles deferentes formulaciones de  $RI$ , dependientes de decisiones subjetivas del operador, las cuales pueden dirigir a resultados diferentes (clases de reemplazo de medidores). Además, las variables usadas para el cálculo de sub indicadores individuales pueden ser afectadas por errores de medición, los cuales pueden causar incertidumbre en la clasificación apropiada de los medidores a ser reemplazados.

Para investigar la consistencia de los resultados, se desarrolló un análisis de incertidumbre mediante simulaciones de Monte Carlo, donde diferentes combinaciones aleatorias de formulaciones se desarrollaron incluyendo errores de medición. El objetivo era probar la consistencia de la clasificación misma y/o el impacto de elecciones subjetivas sobre la selección de la formulación del índice  $RI$ . Ver caso de estudio en (V. Puleo et al, 2013).

### 6.2.5. Beneficios de sustitución por sub o sobredimensionamiento

En el caso de sub dimensionamiento de medidores, en los que el principal problema es que trabajan por encima de su gasto permanente de operación, acortando su vida útil, el beneficio por la sustitución por aparatos adecuados al patrón de consumo de cada cliente, se tiene precisamente en contar con aparatos que puedan funcionar apropiadamente por mayor tiempo.

En el caso de sobredimensionamiento, el problema es que los aparatos trabajan con flujos marcadamente menores al gasto permanente de operación, donde sus errores de medición son

mayores, y por tanto con mayores posibilidades de sub medición. Esto generalmente se presenta los aparatos de medición de grandes consumidores. Ver ejemplo de medidor de un alto consumidor en la Figura 6, perteneciente a un condominio en la ciudad de Querétaro. El beneficio de la sustitución por medidores adecuados, depende de los volúmenes no medidos de caso específico.



Figura 6.6. Medidor de condominio en la ciudad de Querétaro (alto consumidor).



Figura 6.7. Medidor de alto consumidor.

Ver en la Figura 6.7 de talle de otro medidor de alto consumidor, y en la Figura 6.8 un ejemplo de medidor sobredimensionamiento, correspondiente a toma de tipo industrial. Se observa que el flujo que pasa por el medidor (permanente), debido al patrón de consumo del cliente, es menor al 50% del gasto permanente del medidor ( $Q_n$ ), durante el periodo de prueba.

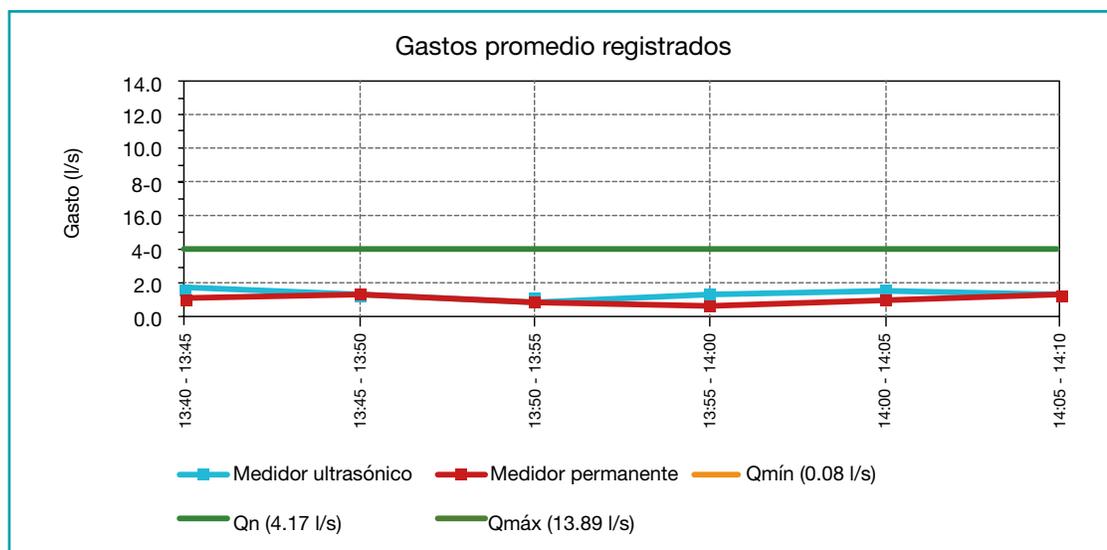


Figura 6.8. Ejemplo de sobredimensionamiento de un medidor de toma industrial. Se observa que el flujo que pasa por el medidor (permanente), debido al patrón de consumo del cliente, es menor al 50% del gasto permanente del medidor ( $Q_n$ ), en el periodo de prueba.

## 6.2.6. Beneficios reubicación de medidor

Por otra parte, la reubicación de medidores ubicados dentro de los predios, en los que el problema principal radica en la dificultad del personal para tomar lecturas de consumo, y por tanto muchas veces las tomas en cuestión pueden funcionar como de cuota fija, los beneficios pueden ser los indicados en el apartado 6.2.3 (Beneficios por instalación (cuota fija y tomas nuevas) y sustitución por deterioro). Sin embargo se debe confirmar cada caso. Ver toma domiciliaria residencial en la Figura 6.9.



Figura 6.9. Medidor de consumo ubicado dentro de predio.

En este apartado también se puede considerar el caso de medidores ubicados dentro de un registro de banqueta restringido, como el que se muestra en la Figura 6.10, el cual, como se puede observar, está lleno de polvo en el mejor de los casos, y dificulta la toma de lecturas, al menos en casos como este. Asimismo en la temporada de lluvias se inundan, y si no cuentan con protección ambiental IP68, pueden sufrir daños.

Con la protección IP68 y con lectura remota, la situación sería distinta. Sin embargo, mientras eso no suceda, una alternativa es la instalación del medidor en cuadro de toma, como se puede ver en la Figura 6.11. Esto facilita la toma de lecturas y el aparato no se inunda. Aunque se expone a otras situaciones como el vandalismo y a un mayor impacto de las temperaturas extremas, principalmente en zonas de clima extremo.



Figura 6.10. Medidor de consumo en banqueta.



Figura 6.11. Medidores de consumo en cuadro. Medidor clase C y Clase B. De velocidad, tipo turbina.

### 6.2.7. Beneficios por implementación de nuevos procedimientos y tecnologías para toma de lecturas y notificaciones de cobro

Dentro de las nuevas tecnologías de medición de consumos se tiene la AMI (Advanced metering infrastructure), que junto con la macromedición, la telemetría, los sistemas SCADA y los modelos matemáticos de las redes de distribución, además de las ventajas y beneficios en el sistema comercial, pueden coadyuvar al control operacional y de pérdidas físicas y comerciales, así como a reducir costos y otros beneficios más que se describen en los párrafos siguientes.

Se conoce como sistemas avanzados de medición o sistemas con infraestructura de medición avanzada AMI, a los sistemas con capacidad de medir, registrar, recolectar y transferir remotamente, la información asociada al consumo, la demanda, los parámetros eléctricos (hidráulicos) y la forma de uso de la energía eléctrica (agua potable), para su posterior presentación, análisis, gestión y toma de decisiones. Un sistema AMI en general se compone de tres componentes principales: medidores inteligentes, redes de comunicaciones y el sistema de gestión de datos de medición, como se muestra en la Figura 6.12 (Gómez López, José Martín; et al, 2015).

Continuando con los sistemas AMI, el proceso tradicional de medición es periódico y genera valores acumulados (mensuales o bimestrales) que únicamente muestran la cantidad de energía (agua) consumida, pero que no proporciona información de la forma de uso de la misma, ni de los niveles de carga (demanda) en tiempo real de los consumidores, ni permite tener el control de los consumos ni acciones de reacción inmediata en presencia de eventos que perturban la operación de la red. Ni las empresa que comercializan la energía (el agua), ni los usuarios que la consumen, tienen información suficiente, ni datos sobre los flujos de energía (agua) en los nodos de la red de distri-

bución, ni en las cargas (demandas) de los consumidores, lo que se traduce en falta de herramientas eficaces para hacer frente a desafíos que presenta el control eficiente de la red de distribución en condiciones de operación normal o en presencia de perturbaciones. Las empresas eléctricas tampoco cuentan con herramientas para cuantificar eficientemente las pérdidas de origen técnico (físicas o reales) y no técnico (comerciales o aparentes) (Gómez López, José Martín; et al, 2015).

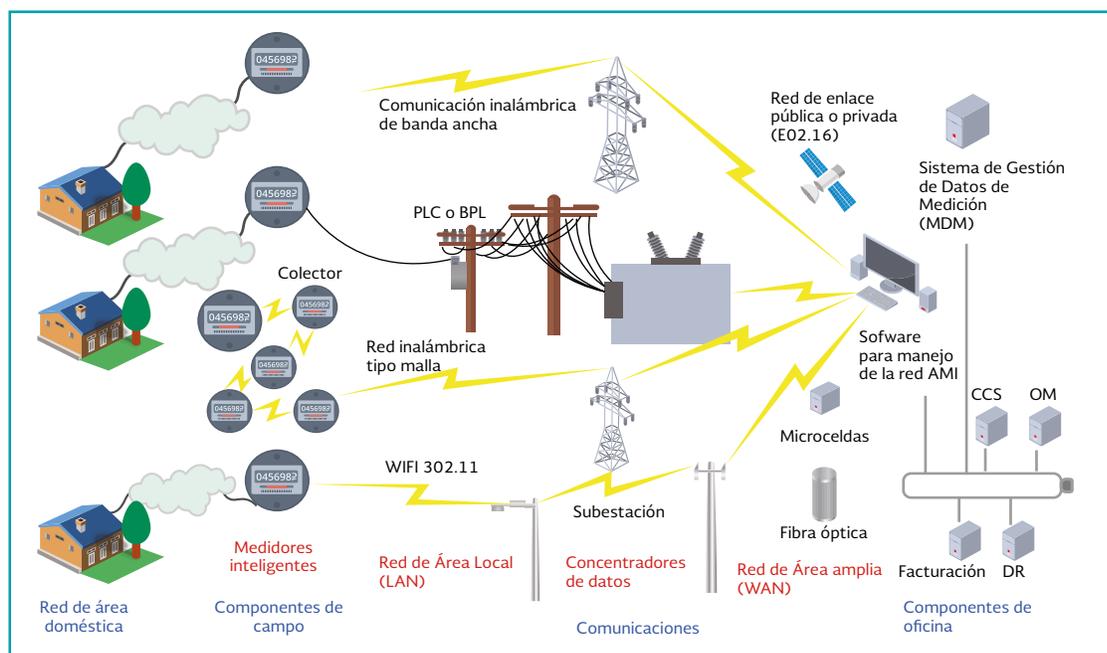


Figura 6.12. Arquitectura general de un sistema AMI de consumo eléctrico, del que sólo cambian los medidores inteligentes de energía por medidores inteligentes de agua. Fuente (Gómez López, José Martín; et al, 2015).

En la Tabla 6.6 se presenta un resumen sobre nuevos procedimientos y tecnologías de medición, toma de lecturas y notificaciones de cobro. Las nuevas tecnologías y procedimientos pueden aplicar por cualquiera de las necesidades de seis primeros casos que se indican en la Tabla 6.1, es decir: 1) Instalación de medidores en tomas de cuota fija, 2) instalación de medidores en las tomas nuevas, 3) sustitución de medidores deteriorados (parados, rotos, empañados, y con otros daños), 4) sustitución de medidores que por antigüedad estén perdiendo exactitud y ocasionando submedición, 5) sustitución por sobredimensionamiento o subdimensionamiento del medidor existente, y 6) por sustitución-reubicación. Pero pueden también aplicar sin tener ninguna de estas necesidades, simplemente por mejorar rendimientos, tener mayor seguridad de la información, y que esta se más confiable y oportuna para todos los usos de los datos de medición, abatir costos, y otros requerimientos.

Por ejemplo se puede satisfacer la necesidad (1) de medidores en tomas de cuota fija, instalando medidores mecánicos con preparación para lectura remota (tecnología 3), y haciendo lectura de

consumos mediante red móvil con vehículo en movimiento (tecnología 8). Otro ejemplo es el de sólo agregar el uso de terminales remotas e impresoras portátiles a la toma de lectura a los medidores actuales, con el fin de imprimir y entregar los recibos de cobro en sitio a cada cliente. Los costos y los beneficios económicos dependerán de la combinación de alternativas de la Tabla 6.6 que se apliquen. En cada caso se debe hacer el análisis de benéficos, principalmente en m<sup>3</sup> recuperados y su impacto económico, pero también en reducción de costos de operación y otros.

Tabla 6.6. Nuevos procedimientos y tecnologías para toma de lecturas y notificaciones de cobro.

No.	Procedimientos y tecnologías	Descripción	Beneficios
1	Facturación bimestral y trimestral	Apropiada para toma lecturas manuales y notificaciones en sitio	Disminuir cargas de trabajo y costos de facturación y recaudación, con beneficios privados y sociales
2	Toma de lectura y entrega de recibo del periodo anterior	En un solo recorrido de ruta se toman lecturas y se entregan recibos	Es una forma de mejorar rendimientos y bajar costos
3	Medidores mecánicos con preparación para lectura remota	Con estas preparaciones se facilita la implementación de lectura remota o automática	Mayor eficiencia en la lectura de consumos.
4	Medidores electromagnéticos y ultrasónicos	Por su principio de medición no contienen partes móviles. Su electrónica permite diversas alternativas de lectura remota o automática. Medidores inteligentes. Ver Figura 6.13 y Figura 6.14.	Mayor eficiencia y confiabilidad en la lectura de consumos.
5	Terminales remotas (hand held's) e impresoras portátiles	Base de datos de rutas en las terminales, Registro y transmisión de lecturas, cálculo montos a pagar e impresión de recibo en sitio. Ver Figura 6.15 y Figura 6.16	No se requiere esperar la facturación en las oficinas comerciales ni dar otro recorrido para su entrega. Disminuir cargas de trabajo y costos de facturación y recaudación, con beneficios privados y sociales
6	Medidores con tarjeta pos pago	Sistema como el que aplica la CFE, en el que el cliente toma su lectura de consumo con la tarjeta y acude un cajero automático para conocer el monto del cobro, hacer el pago y recibir su comprobante de pago, y solicitar factura. Medidores inteligentes.	En un sólo paso del cliente se toma lectura, se notifica cobro, se realiza pago y se entrega comprobante.  Los gastos de trasporte a los sitios de pago los cubre el cliente, los cuales también cubre con el sistema tradicional.
7	Tecnología AMR para lectura automática de medidores (Automated meter Reading)	Lectura remota con red móvil; toma de lecturas con vehículo en movimiento, en medidores con esas preparaciones (inteligentes); también toma de lectura mediante toque de medidor con equipo recolector	Rapidez en la toma de lecturas en vehículo en movimiento. Reducción de costos de personal y transporte. Mayor confiabilidad en las lecturas.

Tabla 6.6 Nuevos procedimientos y tecnologías para toma de lecturas y notificaciones de cobro.  
(Continuación)

No.	Procedimientos y tecnologías	Descripción	Beneficios
8	Tecnología AMI (Advanced metering infrastructure)	<p>Uno de los elementos clave de estos sistemas es el medidor inteligente, que tiene integradas capacidades avanzadas de medición, registro de datos, análisis de uso de los servicios y comunicación bidireccional, para transferir remotamente la información a sistemas de procesamiento de datos para fines de monitoreo remoto y facturación.</p> <p>En general se compone de tres componentes principales: medidores inteligentes, redes de comunicaciones y el sistema de gestión de datos de medición, como se muestra en la Figura 6.12 (Gómez López, José Martín; et al, 2015).</p>	<p>Optimización de las actividades relacionadas con la toma de lecturas, corte, reconexión y atención de inconformidades; incremento de la calidad y confianza en la lectura de consumos y en el proceso de facturación; disposición de fuerza de trabajo para atender otras áreas críticas del proceso de comercialización; fortalecimiento de la imagen institucional como empresa eficiente; fomento al ahorro de energía (Gómez López, José Martín; et al, 2015).</p> <p>Reducción del consumo de combustible en vehículos utilizados con fines de transporte y traslado de personal a los puntos de conflicto de red y para proporcionar los servicios básicos de atención a interrupciones en la red, desconexiones y reconexiones del servicio a los consumidores. Pero principalmente para toma de lecturas y notificaciones (Gómez López, José Martín; et al, 2015).</p> <p>Además de las anteriores, permite que las lecturas sean simultáneas, lo que es adecuado para realizar balances de agua, y reducir pérdidas, tanto físicas comerciales.</p>



Figura 6.13. Medidor ultrasónico para medición de consumos (medidor inteligente). Clase C.



Figura 6.14. Medidor electromagnético para medición de consumos (medidor inteligente). Clase C.



Figura 6.15. Terminal remota (hand held) e impresora térmica.

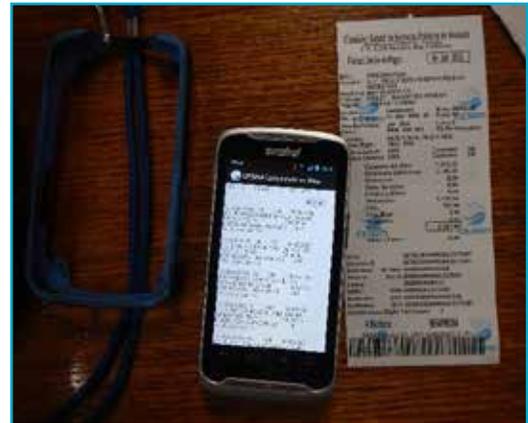


Figura 6.16. Terminal remota y recibo de cobro impreso en sitio, con el uso de la hand held y la impresora.

### 6.3. Capacitación y certificación del personal que toma lecturas de consumo en los aparatos de medición

El personal del organismo operador encargado en realizar la cuantificación del volumen, conocidos como lecturistas, debe estar capacitado para que realice su trabajo de manera adecuada. Por lo cual es necesario brindarle capacitación en el tema; sin embargo, no es suficiente con la capacitación, ya que eso no garantiza que los lecturistas realicen su trabajo de la mejor manera.

Una manera de que el organismo operador tenga la confianza de que la cuantificación del volumen de agua se realice de manera correcta, además de la capacitación brindada, es mediante la certificación por competencias de su personal.

El CONOCER, impulsa un Sistema Nacional de Competencias (SNC) de las personas que permite, entre otros beneficios, Impulsar la calidad de la fuerza laboral y empresarial del país, así como de los trabajadores del sector social y de gobierno y con ello, fortalecer la productividad y capacidad de crecimiento de las empresas. El SNC es una pieza clave para impulsar la competitividad del país y recuperar el rumbo hacia una economía más sólida.

El Registro Nacional de Estándares de Competencia (RENEC) es un catálogo donde se puede encontrar todos los Estándares de Competencia (EC) que describen, en términos de resultados, el conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que se requiere para realizar una actividad en el ámbito laboral, social, gobierno o educativo y es el referente que permite evaluar tus competencias y en su caso, obtener un certificado que lo respalde.

El RENEC cuenta con 805 EC, agrupados en 29 sectores productivos. El sector productivo agua cuenta con 18 estándares de competencia, los cuales se listan en la Figura 6.17.

Sector agua (18 estándares)		
EC0140	Cuantificación del consumo de agua potable con medición	Sector Hídrico
EC0141	Conservación del funcionamiento operativo de la red de alcantarillado	Sector Hídrico
Ec0145	Conservación de la red de agua potable	Sector Hídrico Sector Hídrico
EC0153	Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua	Sector Hídrico
EC0180	Promoción de cultura del agua	Sector Hídrico
EC0208	Conservación de la red de alcantarillado mediante vehículo de desazolve	Sector Hídrico
EC0209	Operación de plantas potabilizadoras	Sector Hídrico
EC0210	Tratamiento de aguas residuales con tanque imhoff	Sector Hídrico
EC0214	Tratamiento de aguas residuales con lodos activados	Sector Hídrico
EC02016	Tratamiento de aguas residuales con lagunas de estabilización	Sector Hídrico
EC0237	Instalación de la toma domiciliaria	Sector Hídrico
EC0317	Control de la eficiencia energética en la operación de las estaciones de bombeo de agua potable	Sector Hídrico
EC0318	Mantenimiento electromecánico a una estación de bombeo de agua potable	Sector Hídrico
EC0319	Vigilancia de la operación de una estación de bombeo de agua potable	Sector Hídrico
EC0440	Operación de secciones de riego por gravedad	Sector Hídrico
EC0913	Asesoría en medidores de carrete para tubería a presión	Sector Hídrico
EC0914	Asesoría en sistemas fijos de medición de gasto para canales	Sector Hídrico
EC0628	Operación de planta de tratamiento de aguas residuales para riegos agrícolas	Sector Hídrico

Figura 6.17. Estándares de competencia para el Sector Productivo Agua

Para realizar el proceso de certificación, el CONOCER tiene acreditadas 310 Entidades de Certificación y Evaluación de competencias (ECE). Entre las entidades está el Instituto Mexicano de Tecnología de Agua, el cual cuenta con 19 EC acreditados, de los cuales 13 son exclusivos del sector hídrico.

En el caso de que un organismo operador requiera que se le capacite a su personal, previo al proceso de evaluación en el EC, las ECE pueden brindar dicha capacitación, y posteriormente realizar el proceso de Evaluación y certificación.

### Estándar de competencia I40 “Cuantificación del consumo de agua potable con medición”.

De acuerdo con el listado en la Figura 6.18, el EC que aplica al Subsector de Medición de Consumos es el EC140 “Cuantificación del consumo de agua potable con medición”.

Estándares de Competencia Acreditados		
Código	Título	
EC0076	Evaluación de la competencia de candidatos con base en Estándares de Competencia	Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales (CONOCER)
EC0105	Atención al ciudadano en el sector público	Administración Pública del Municipio de Monterrey
EC0140	Cuantificación del consumo de agua potable con medición	Sector Hídrico
EC0141	Conservación del funcionamiento operativo de la red de alcantarillado	Sector Hídrico
EC0145	Conservación de la red de agua potable	Sector Hídrico
EC0149	Operación de vehículo oficial para transporte de personas	Sector Hídrico
EC0153	Atención a usuarios en la solicitud de servicios en entidades administradoras de agua	Sector Hídrico
EC0217	Impartición de cursos de formación del capital humano de manera presencial grupal	Asociación Mexicana de Capacitación de Personal y Empresarial A.C. (AMECAP)
EC0180	Promoción de cultura del agua	Sector Hídrico
EC0209	Operación de plantas potabilizadoras	Sector Hídrico
EC0215	Mantenimiento correctivo a instalaciones eléctricas industriales	Sector Hídrico
EC0214	Tratamiento de aguas residuales con lodos activados	Sector Hídrico
EC0249	Proporcionar servicios de consultoría general	Del Sector de Consultoría
EC0317	Control de la eficiencia energética en la operación de las estaciones de bombeo de agua potable	Sector Hídrico
EC0318	Mantenimiento electromecánico a una estación de bombeo de agua potable	Sector Hídrico
EC0319	Vigilancia de la operación de una estación de bombeo de agua	Sector Hídrico
EC0693	Aplicación del procedimiento de verificación en materia de movimientos trasfronterizos de mercancía regulada ambientalmente	De la Subprocuraduría de Inspección Industrial de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

Figura 6.18. Estándares de competencia acreditados por el IMTA

El propósito del EC140 es servir como referente para la evaluación y certificación de las personas que se desempeñan en la cuantificación del consumo de agua potable con medición de lectura directa y cuyas competencias incluyen: el preparar la documentación y el equipo y registrar la lectura, para la determinación del consumo de agua potable con medición (CONOCER, 2017).

El EC140 describe el desempeño de un lectorista, desde la preparación de su ruta de atención al servicio, de las herramientas, materiales y equipo hasta el registro de lecturas de los medidores, para ofertar un servicio con las características de calidad que requiere el mercado. También establece los conocimientos teóricos básicos con los que debe contar un lectorista para realizar su trabajo, la forma de realizar las actividades (Desempeño) así como las actitudes relevantes en su desempeño

En los últimos 3 años (2015 a 2017) el IMTA ha certificado, un total de 116 trabajadores de organismos operadores en el EC140, lo cual sin lugar a duda asegura que el personal certificado realizará de manera adecuada la cuantificación del consumo de agua. Ver Figura 6.19.

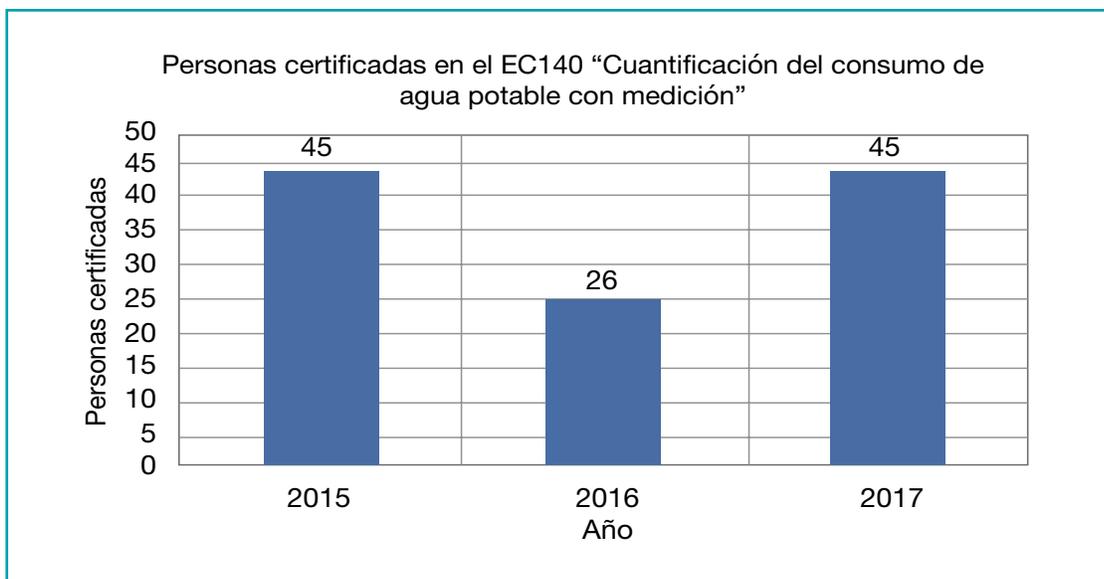


Figura 6.19. Número de personas certificadas en los últimos tres años en el EC140 por la ECE IMTA

## 6.4. Recomendaciones para la selección del medidor domiciliario

El Objetivo de la medición de caudales a los usuarios, es el de cuantificar su volumen consumido de agua en un periodo de tiempo, por lo general un mes o cada bimestre. El registro de los caudales consumidos tiene las siguientes ventajas:

- Aplicar de manera justa la tarifa de agua de acuerdo al consumo registrado por el usuario.
- Lograr un equilibrio entre el agua producida y aportada a la red (volumen de agua registrado en la macromedición), entre el agua utilizada por el usuario (volumen registrado por el medidor domiciliario), misma que deberá ser facturada y cobrada.
- Con la medición es posible tener certeza del volumen de agua no contabilizada, derivada de las fugas y de los usos no autorizados.
- Es posible estimar cambios en los patrones de consumo de los usuarios y de esta forma determinar si existen fugas en la red o el interior del domicilio y cambios en el uso del agua por parte del usuario.

#### 6.4.1. Normatividad

Se tiene la norma oficial mexicana, NOM-012-SCFI-1994, "medición de flujo del agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos, medidores para agua potable fría, especificaciones", que aplica a medidores para agua de varias clases metrológicas que funcionan en gastos permanentes que van de 0.6 m<sup>3</sup>/h hasta los 4000 m<sup>3</sup>/h. Presiones de trabajo igual a un mega pascal (10.2 kg/cm<sup>2</sup>) a temperatura máxima de 28° C

Esta norma se aplica a medidores para agua definidos como instrumentos de medición con integración propia, que continuamente determinan el volumen de agua que pasa a través de ellos, empleando un proceso mecánico directo o un proceso de transmisión magnética o de otro tipo que incluye el uso de cámaras volumétricas de paredes móviles (medidores volumétricos) o la acción de la velocidad del agua sobre la rotación de una parte en movimiento (medidores de velocidad).

#### 6.4.2. Definición de conceptos básicos en la micromedición:

- Designación del medidor (N), designación dada por un valor numérico (m<sup>3</sup>/h), que es proporcionada por el fabricante del medidor.
- Caudal de operación, Volumen de agua que circula por el medidor en un lapso de tiempo determinado, (m<sup>3</sup>/h o l/h).
- Pérdida de carga, Disminución de la presión del agua originada por la instalación del medidor en el cuadro de la toma domiciliaria (m).
- Volumen medido, cantidad de agua registrada por el micromedidor en un lapso de tiempo determinado (m<sup>3</sup>)
- Error de exactitud, diferencia porcentual entre el volumen registrado por el micromedidor respecto a un volumen medido por un equipo patrón en un gasto determinado (%).
- Presión Nominal, presión de servicio admisible para el micromedidor (m o kg/cm<sup>2</sup>)

- Pérdida de presión, A un gasto dado, es la caída de presión en la red hidráulica causada por la presencia del medidor para agua.
- Presión máxima de trabajo  $P_{m\acute{a}x}$ , Presión máxima interna que un medidor de agua debe soportar permanentemente a una temperatura dada.
- Caudal máximo ( $q_{max}$ ), es el caudal máximo en el cual el medidor puede operar sin deteriorarse en periodos cortos de funcionamiento ( $m^3/h$  o  $l/h$ ), también se le conoce como gasto de sobrecarga.
- Caudal nominal ( $q_n$ ), es el caudal en que debe funcionar satisfactoriamente el medidor; en condiciones normales de funcionamiento ya sea a régimen permanente o intermitente (tandeos), equivale al 50% del caudal máximo ( $m^3/h$  o  $l/h$ ).
- Caudal mínimo ( $q_{min}$ ), es el gasto en que debe funcionar dentro del máximo error relativo permitido y corresponde a un porcentaje del caudal nominal ( $m^3/h$  o  $l/h$ ).
- Caudal de transición ( $q_t$ ), Gasto en el cual el valor máximo del error relativo de un medidor cambia de valor ( $m^3/h$  o  $l/h$ ).
- Caudal permanente ( $q_{per}$ ), Gasto al cual se requiere que el medidor opere de manera satisfactoria bajo condiciones de flujo estable o intermitente. Se determina con relación al valor numérico de la designación del medidor ( $m^3/h$  o  $l/h$ ).
- Gasto de sobrecarga ( $q_s$ ) Gasto al cual se requiere que el medidor opere de manera satisfactoria por un corto periodo de tiempo sin deteriorarse; su valor es igual al doble del gasto permanente.
- Presión nominal (PN) Designación numérica representada por un número redondeado para propósitos de referencia. Todos los medidores del mismo diámetro nominal (DN) designados por el mismo número (PN), deben tener dimensiones compatibles para el acoplamiento con la red hidráulica.

De acuerdo a las definiciones se tienen las siguientes fórmulas:

$$q_{per} = N = \text{designación del medidor}$$

$$q_{m\acute{a}x} = 2q_{per}$$

Los gastos de transición y mínimos, están en función de la clase metrológica del medidor y de la designación del medidor N, como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 6.7. Caudales mínimo y de transición del medidor en función de la clase Metrológica y el número de designación N

Clase metrológica	Caudal mínimo ( $q_{min}$ ) en $m^3/h$		Caudal de transición ( $q_t$ ) en $m^3/h$	
	Para $N < 15$	Para $N \geq 15$	Para $N < 15$	Para $N \geq 15$
A	0.04 N	0.08 N	0.10 N	0.28 N
B	0.02 N	0.03 N	0.08 N	0.20 N
C	0.01 N	0.006 N	0.015 N	0.015 N

Por ejemplo, para un medidor clase metrológica B, con un número de designación N igual a 1.5, se tienen los gastos siguientes:

$$q_{per} = N = 1.5 \text{ m}^3/\text{h} = 1500 \text{ l/h}$$

$$q_{max} = 2 q_{per} = 2 * (1.5) = 3.0 \text{ m}^3/\text{h} = 2800 \text{ l/h}$$

$$q_t = 0.08 N = 0.08 q_{per} = 0.08 * 1.5 = 0.12 \text{ m}^3/\text{h} = 120 \text{ l/h}$$

$$q_{min} = 0.02 N = 0.02 q_{per} = 0.02 * 1.5 = 0.03 \text{ m}^3/\text{h} = 28 \text{ l/h}$$

Tanto la clase metrológica como el número de designación son proporcionados por el fabricante.

### 6.4.3. Tipos de medidores de agua según el elemento de medición

**Medidores Volumétricos:** son aquellos que su mecanismo de medición es con base en un pistón rotativo o un disco nutativo

**Medidores Velocímetro:** Son aquellos que su mecanismo de medición está conformado por una turbina de chorro único, chorro múltiple, hélice vertical, hélice horizontal o una combinación de ambas.

### 6.4.4. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de medidores

Medidores de chorro único. Sus ventajas son su tamaño y menor cantidad de piezas en contacto con el agua. Las desventajas son su vida útil, y menor estabilidad en flujos intermitentes por lo que el error de medición puede rebasar los errores permitidos; no se recomiendan en zonas de la ciudad cuyo servicio sea tandeado.

Medidores de chorro múltiple. Una mayor vida útil, versatilidad y robustez. La principal desventaja es su tamaño.

Volumétricos. Su mayor ventaja es que la medición del volumen de agua es directa. Su desventaja, es sensible a la calidad del agua (impurezas), en caso de partículas en suspensión como arenas es necesario adaptarle un filtro.

### 6.4.5. Criterios para la selección de los medidores

#### 6.4.5.1 Metrología del medidor.

Se deben considerar los caudales esperados en la toma domiciliaria, la presión de servicio, con base en esto se definirá la metrología del medidor (clase metrológica A, B o C).

### 6.4.5.2 Tandeos

En la medida que el suministro de agua a los usuarios se vea afectado por los tandeos, el Organismo Operador deberá tomar la decisión si instala o no el medidor, o bien hacer las adecuaciones necesarias en la infraestructura de abastecimiento y su operación, para la correcta instalación y funcionamiento de estos aparatos, dado el papel que juegan en el control de los consumos y en su comercialización, además de que un servicio tandeado y con bajas presiones es un servicio de mala calidad.

### 6.4.5.3 Presión de suministro

La presión de suministro del agua al usuario, tendrá efecto en la selección del medidor, ya que éstos generan una pérdida de carga, que oscila de 0.3 kg/cm<sup>2</sup> hasta un kg/cm<sup>2</sup>, en función de la presión de suministro se determinará la factibilidad de instalar o no medidor, así como de la clase metrológica a seleccionar, ya que para presiones bajas es más recomendable la clase metrológica C. Aplica también lo comentado en el anterior apartado, de adecuar la infraestructura y sus operación para instalar y operar correctamente los medidores.

### 6.4.5.4 Calidad del agua.

Las impurezas, temperatura y el estado de la red pueden afectar las características del agua, esto influye en la selección del medidor a instalar en campo.

Los medidores deben estar equipados con su filtro original en el lado de admisión del agua. El filtro debe ser capaz de retener las impurezas que puedan provocar un desperfecto prematuro o afecten la exactitud del medidor.

La remoción del filtro, para su limpieza o sustitución, podrá realizarse sin tener que desarmar el medidor.

Todos los filtros deben cumplir con las especificaciones indicadas en las características y deben ser capaces de detener las impurezas que puedan provocar un desperfecto prematuro del medidor.

Los medidores electromagnéticos a batería, No requieren filtro, sin embargo, en su reemplazo se requiere un niple que permita estabilizar el flujo que ingresa al medidor.

#### 6.4.5.5 Normas de instalación

La posición del medidor y sus accesorios deben respetar las normas bajo las cuales se instalará el medidor domiciliario.

#### 6.4.5.6 El precio real del agua

Éste podrá tener un impacto en la selección del medidor en la medida que el precio del agua es mayor el Organismo Operador deberá sensibilizarse en la medición adecuada de los volúmenes de agua que entrega a la red y su distribución en la misma.

#### 6.4.5.7 Precio del medidor

El monto de la inversión en el tiempo, para la compra e instalación de los medidores tendrá un impacto directo en la selección del mismo, todo respetando las normas y características de la zona en que se ubicará y las condiciones de operación del mismo.

#### 6.4.5.8 Vandalismo

El problema del vandalismo en algunas zonas de la ciudad, puede afectar la selección del material del medidor; sobre todo en las colonias de la periferia, los medidores con cuerpo de cobre son propensos a robarlos, en este caso, el organismo operador se ve obligado a seleccionar el medidor de polímero.

#### 6.4.5.9 Planificación

En la planificación de incremento de la medición de consumos, se recomienda especificar por zona los tipos de medidores a instalar; conforme a los criterios generales descritos y los de tipo particular que apliquen. En la Figura 6.20, se muestra un ejemplo de selección por distrito hidrométrico, con las zonas en donde es recomendable instalar medidor volumétrico o velocímetro de chorro múltiple, y en la Figura 6.21 se muestra la clase metrológica recomendable.

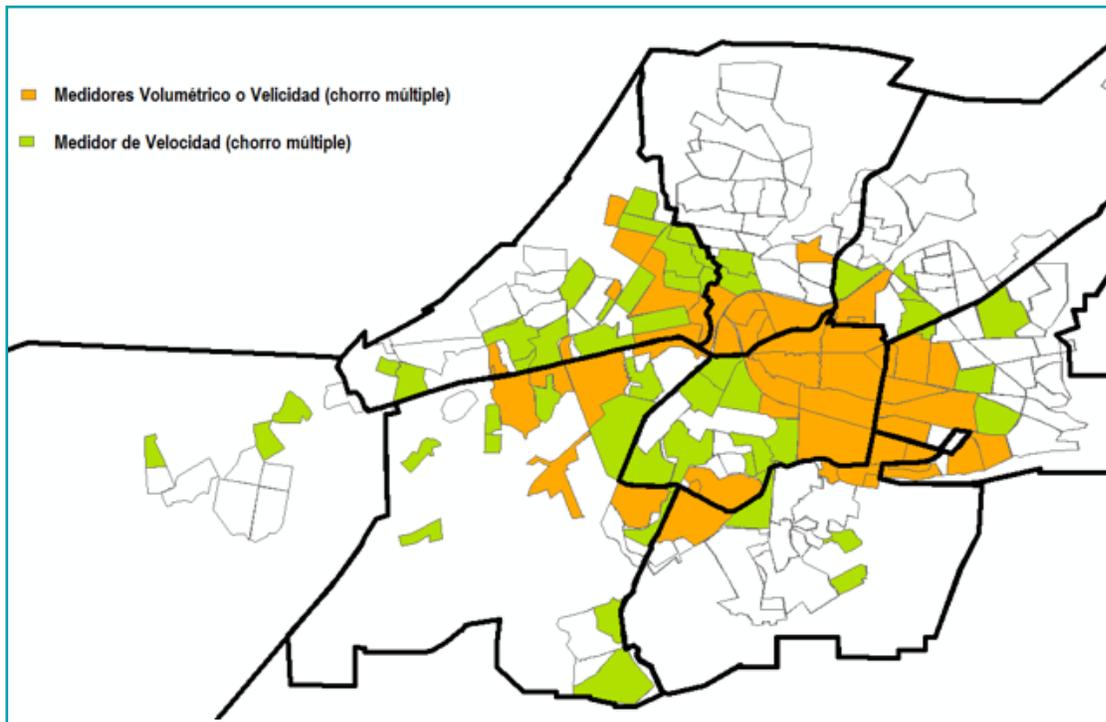


Figura 6.20. Selección de medidores domiciliarios por distrito hidrométrico

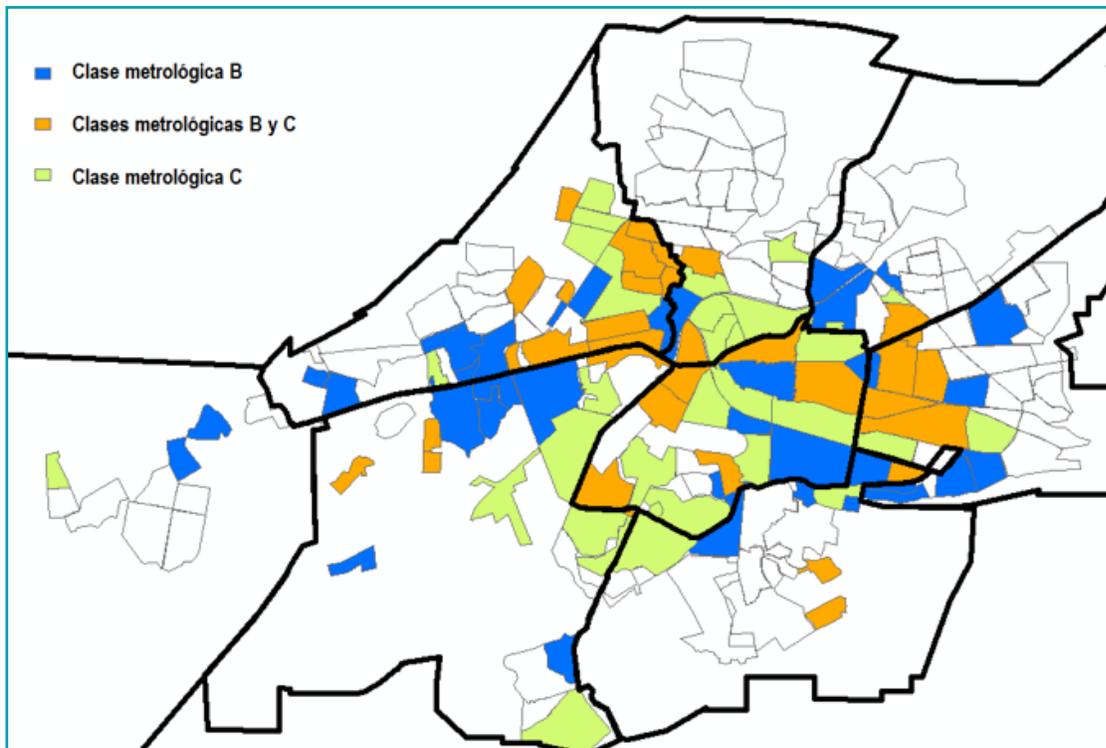


Figura 6.21. Clase metrológica recomendada de acuerdo a la presión de servicio

## 6.5. Bibliografía

- Bartone, C. R. (2003). **Optimización de políticas de medición en sistemas de distribución de agua potable**. Lima: CEPIS.
- Cohelho, A. C. (1995). **Medición de agua: Política y práctica**. Olinda, Pernambuco, Brasil: CEPIS.
- Cohelho, A. C. (1995). **Medición de agua: Política y práctica**. Olinda, Pernambuco, Brasil: CEPIS.
- Ferréol, E. (2005). How to measure and reduce the water meter park inefficiency? **Leakage 2005-Conference Proceedings**, 4.
- Gómez López, José Martín; et al. (2015). Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de pérdidas. **Boletín IIE, 2015 octubre-noviembre**, 180-191.
- Lambert, A. O. (2002). "International Report: Water losses management and techniques", . **Water Science and Technology: Water Supply Vol. 2 No. 4 , UK.**, pp 1-20.
- Linaweaver, et al. (1965). **A Study of Residential Water Use**. Baltimore, Maryland: Department of Environmental Engineering Science, The Johns Hopkins University.
- SECOFI. (1994). **NOM-012-SCFI-1994, Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos- Medidores para agua potable-fría-Especificaciones.**, México: Secretaría de Comercio y fomento Industrial,.
- SECOFI. (1997). **NOM-042-SCFI-1997- Instrumentos de medición-Medidas volumétricas metálicas con cuello graduado para líquidos con capacidades de 5 l, 10 l y 20 l**. México: Secretaría de Comercio y fomento Industrial, México, 1997.
- V. Puleo et al. (2013). Definition of water meter substitution plans based on a composite indicator. **Elsevier. ScienceDirect. Procedia Engineering**, 1369-1377.

# Capítulo 7





# IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE PAGO

## 7.1. Introducción (cobro y pago)

Respecto a la recaudación en los organismos operadores de agua potable, en (Islas Cortés & Sainz Santamaría, 2007) se indica que la administración de un sistema de agua potable tiene varios objetivos de política (pública), entre los que destacan garantizar una cobertura determinada, maximizar el número de horas en las que se provee el líquido, alcanzar estándares mínimos de calidad del agua y subsidiar a sectores marginados. Asimismo que la variable determinante para alcanzar los objetivos anteriores es la disponibilidad de recursos financieros, y que dos de las variables principales para captar recursos propios son; 1) el grado de sofisticación del sistema de cobro y 2) la eficiencia de cobro. Se establece también que la eficiencia de cobro está determinada por la capacitación de la burocracia, el grado de marginación de la localidad, la dinámica política y la normatividad del estado y municipio (Islas Cortés & Sainz Santamaría, 2007).

Por sistema de cobro se entiende al sistema de recaudación, y más claramente el sistema de información o sistema informático del área comercial de los organismos operadores. En el capítulo 4 se describe la relación existente entre estos sistemas informáticos y los niveles de desarrollo de los organismos (cuatro niveles). Entonces se entiende su importancia para la captación de recursos propios.

Por otra parte, los sistemas de pago que existen actualmente han permitido a los organismos operadores de agua recaudar de manera más eficiente y brindarles a los usuarios diversidad y facilidad para liquidar el pago de sus servicios. Esto le permite al organismo operador contar con flujo de efectivo dinámico para hacer frente a las obligaciones financieras, atendiendo requerimientos técnicos y operacionales del organismo operador.

La tecnología ha permitido la modernización de las áreas operacionales y comerciales de las empresas de agua potable. Una de ellas es el área de facturación y cobranza a cargo de los medios de recaudación una vez que cada cliente ha sido notificado del monto a cubrir por los servicios recibidos. Aunque en el caso del servicio con medidor y tarjeta post pago, al cliente se le notifica el

monto a pagar al momento de que acude a algún cajero automático con su tarjeta, con los datos cargados de su medidor a realizar el pago.

Existen para los clientes de los servicios de agua potable y saneamiento una diversidad de opciones de pago, similares a las de cualquier otro servicio o producto, e incluso más que esas, por el método comentado de tarjeta post pago, en todo caso similares a las del servicio de energía eléctrica. Estos van desde la opción de pago desde el hogar vía Banca Electrónica en página WEB contando con alguna tarjeta de crédito débito, hasta el pago en las cajas de cobro de las áreas comerciales.

Pero la modernización ha abierto la posibilidad también a nuevos procedimientos, como es la frecuencia de facturación y por tanto la periodicidad de pago, la cual se vuelve otra variante a considerar en el diseño y organización de los sistemas de pago de cualquier organismo operador, para hacer más eficientes las actividades comerciales, tanto para el personal como para los clientes.



Figura 7.1. Auto pago en la CESPM de Mexicali, Baja California.

## 7.2. Eficiencia de cobro

El término cobro a menudo puede ser confundido con el de ingreso, por lo que resulta de interés destacar la diferencia entre ambos; cobro hace referencia a la corriente de efectivo existente, es

decir, a la entrada de dinero, mientras que ingreso hace referencia al derecho de percibir ese cobro, si bien el mismo puede que no se lleve a cabo.

### 7.2.1. Frecuencia de facturación

La facturación, a la que precede la notificación de la misma a los clientes para hacer el cobro de los servicios prestados, y estos a realizar los pagos correspondientes, trae por detrás el padrón de usuarios, la determinación de consumos y las tarifas, con sus respectivas eficiencias. Todas estas tareas soportadas por el sistema de información comercial (sistema de recaudación) y por los métodos u opciones de pago. Pero de la facturación y la recaudación hay algo más a tener en cuenta en su eficiencia.

Conforme a (Jordain, 2011) la frecuencia de facturación es un parámetro de la calidad del servicio recibido por el cliente, y se tienen las siguientes opciones:

- La facturación anual no es un buen nivel de servicio al cliente (implica una cuenta con un elevado monto a pagar de una vez), a pesar de que permite reducir la carga de trabajo y el costo de facturación
- La facturación mensual conlleva importantes restricciones organizacionales, y en ocasiones limita la calidad del servicio (el plazo de pago de las facturas concedido a los clientes es corto)
- La situación óptima es la facturación bimestral o trimestral

Respecto a los niveles de desarrollo de los organismos la frecuencia de facturación es la siguiente:

Tabla 7.1. Frecuencia de facturación

Aspecto	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Frecuencia en la facturación	Anual (una factura al año por conexión)	Mensual (una factura al mes por conexión)	Bimestral o trimestral	Parametrizable según los requerimientos de cada cliente (por ejemplo, entre 2 y 6 meses)

Por ejemplo, los recursos humanos necesarios para leer los medidores y distribuir las facturas casi se duplican al pasar de un sistema bimensual a uno mensual, La frecuencia de facturación tiene un efecto directo sobre los recursos involucrados, es decir, sobre el costo y el rendimiento del sistema de gestión de clientes (Jordain, 2011).

Aunque también se debe decir que con las nuevas tecnologías de medición de consumos como la AMI (Advanced metering infrastructure), esto no le afecta. Consultar el Capítulo 6 de medición de consumos (Gómez López, José Martín; et al, 2015).

## 7.2.2. Recomendaciones de política pública para mejorar la recaudación

En el trabajo reportado en (Islas Cortés & Sainz Santamaría, 2007) se proponen una serie de conclusiones y recomendaciones de política pública para mejorar los ingresos propios:

- i. Es importante la autonomía de los organismos operadores de agua en sus decisiones administrativas, de cobro y de finanzas en general. El hecho de que dependan fuertemente de las presidencias municipales los ata de manos primero con recursos y decisiones en el cobro y después con cambios administrativos, de personal y de proyectos e inversiones.
- ii. Organismos que no están expuestos a presiones de grupos locales o que no trabajen en función del gobierno municipal en el poder podrán planear proyectos e inversiones a largo plazo, entre ellas cambiar a esquemas de cobro que reflejen el verdadero costo marginal de proporcionar este servicio y que los encaminen a tener independencia financiera, además de poder tener profesionalización y continuidad en el personal que trabaja en los organismos.
- iii. La ayuda en subsidios federales es una variable importante. Los organismos necesitan recursos si es que quieren sofisticar su sistema de cobro, construir infraestructura, profesionalizar su nómina, implementar campañas de educación, etc. Sin embargo, los subsidios que reciben deben estar bien dirigidos para obtener estos resultados.
- iv. Si bien se identifica en tamaño y marginación de las poblaciones como factores determinantes como factores de cobro, existen municipios que se encuentran en rangos poblacionales en donde se esperaría que cobraran de manera volumétrica y no lo hacen. Ese es el espacio en donde los subsidios federales y estatales se deben condicionar para cambiar deficiencias tanto en el servicio como en el cobro.
- v. También las restricciones políticas para impulsar las reformas necesarias a los sistemas de precios no dependen solo de la voluntad de las autoridades, sino de modificar asimetrías de información y buscar mecanismos de compensación para los grupos organizados que resulten perdedores netos con las reformas (Islas Cortés & Sainz Santamaría, 2007).

## 7.3. Opciones de pago

La facturación y la recaudación se cierran con la acción que realizan los clientes, que es el pago, de acuerdo al consumo, las tarifas y con la frecuencia de facturación vigente, el cual se hace a través de las opciones dispuestas por las áreas comerciales, soportadas por el sistema informático de recaudación. Ver Figura 7.2.

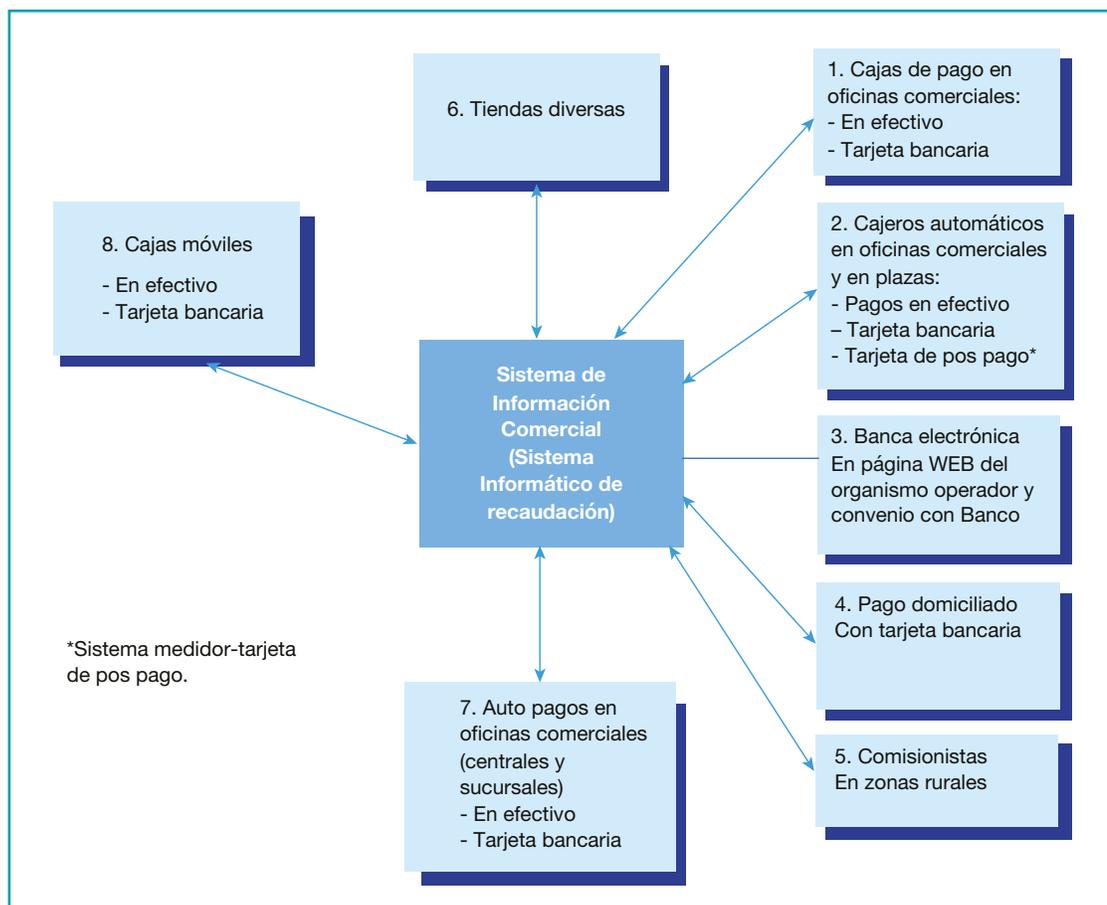


Figura 7.2. Opciones principales para que los clientes puedan realizar sus pagos por los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Comentarios sobre las opciones de pago:

- En todas las opciones, excepto en pagos anticipados que reciben algunos organismos operadores, el cliente debe contar con su recibo de pago entregado por el notificador, o bien consultado en la página WEB del organismo operador.
- Las cajas móviles se han aplicado con éxito en zonas de fábricas y maquiladoras, pero pueden trasladarse a colonias con opciones limitadas de pago. Se obtienen ahorros en el tiempo de traslado y en los costos de éste, mientras que para el organismo operador implica gastos de transporte, pago de sueldos y salarios del personal que realiza la actividad del cobro, así como la inversión de equipo móvil (cajas de seguridad, computadoras e impresoras portátiles, sillas, mesas, etc.). Pueden realizarse pagos en efectivo o bien mediante alguna tarjeta bancaria ya sea debido o crédito.
- Para la banca electrónica usuario deberá contar con una conexión a Internet. Tener a la mano el número de contrato. Tener inactiva la opción de bloquear elementos

emergentes. El usuario puede realizar sus pagos en línea las 24 h, los 365 días del año (excepto cheque electrónico el cual tiene un horario específico). Tarjeta de Crédito VISA o MasterCard, Tarjeta de Débito/instrumento, CLABE, Cheque electrónico para clientes (Bancos específicos).

- En auto pago el cliente desde la comodidad de su vehículo, realiza el pago de su recibo en solo unos minutos. Al llegar a ventanilla de atención se debe entregar el recibo, o bien proporcionar número de cuenta o en su caso el domicilio completo y cubrir la cantidad.
- La opción de comisionistas aplica para organismos operadores, estatales y municipales, que atiende zonas rurales.
- Las cajas en oficinas comerciales, centrales y sucursales, es la opción que siempre se tiene disponible.
- Los cajeros automáticos se utilizan normalmente en plazas, pero también en oficinas comerciales.
- Las demás opciones tiene el objetivo de acercar y diversificar las opciones de pago al cliente.

Todas las opciones tienen sus costos, pero si la combinación empleada incrementa la eficiencia de recaudación, y además aprueba un análisis de rentabilidad, tanto para el organismo (rentabilidad privada) como para el cliente (rentabilidad social), entonces esta se justifica.



Figura 7.3. Pago en cajas de oficinas comerciales.



Figura 7.4. Pago de los servicios mediante cajero automático

## 7.4. Ubicación de puntos de pago

Se propone ubicar los puntos de pago, de acuerdo a la rentabilidad de las opciones de cobro.

### 7.4.1. Macro localización y micro localización

La macro localización es la localización general del proyecto, es decidir la zona general en donde se instalará la empresa o negocio. La localización tiene por objeto analizar los diferentes lugares donde es posible ubicar el proyecto, con el fin de determinar aquel con el que se obtenga la máxima ganancia, si es una empresa privada, o el mínimo costo unitario, si se trata de un proyecto desde el punto de vista social.

La micro localización es el estudio que se hace con el propósito de seleccionar la comunidad y el lugar exacto para elaborar el proyecto, en el cual se va elegir el punto preciso, dentro de la macro

zona, en donde se ubicará definitivamente la empresa o negocio, este dentro de la región, y en ésta se hará la distribución de las instalaciones en el terreno elegido.



Figura 7.5. Ejemplo de oficinas comerciales, de la CEA en el municipio de Cadereyta, Querétaro.

## 7.4.2. Situación geográfica

Es el proceso de elegir un lugar geográfico entre varios para realizar operaciones de una empresa. Los gerentes de organizaciones de servicios o de empresas manufactureras tienen que sopesar factores cuando evalúan la conveniencia de un sitio en particular:

En las decisiones sobre localización se eligen sitios múltiples en donde los criterios, por lo general, se circunscriben a cuestiones de costo, rentabilidad, tiempos de respuesta, cercanía a determinado lugares o algún otro de acuerdo a las características de la actividad llevada a cabo.

### *Rutas de localización*

Sobre las rutas de localización se debe tener en cuenta dos elecciones principales:

- Estar cerca del usuario, teniendo en cuenta los costos de movimiento y prioridades competitivas en base a tiempo; o
- Ubicación cerca de las fuentes de abastecimiento aprovechando bajos costos.

Se debe de considerar cuestiones que se tienen que valorar, para evitar que se conviertan en el factor dominante o crítico de la decisión sobre la localización. En este sentido tenemos:

- Zonas francas, o zonas de libre comercio.
- Escenarios políticos
- Barreras gubernamentales
- Bloques comerciales
- Normas ambientales

### *Vías de llegada al punto de pago*

Una vía de llegada en una zona de uso público o privado, destinada al tránsito de vehículos y personas. Para efectos de determinar su prelación, las vías se clasifican (Clasificación y uso de las vías. Ley 769 del 2002. Artículo 105):

- Metro vía. Vía de exclusiva destinación para las líneas de metro
- Autopista. Vía de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles y control total de acceso y salida.
- Vía secundaria. Vía de menor importancia en el casco urbano.
- Vía ordinaria. Vía que atiende un sector pequeño de la ciudad
- Vía local. Vía que atiende un barrio
- Vía privada. Vía que tiene, en la mayoría de los casos encerramientos legalizados.
- Ciclo ruta. Vía o sección de la calzada o andén destinada al tránsito de bicicletas en forma exclusiva.
- Vía peatonal. Zona destinada para el tránsito exclusivo de peatones.
- De acuerdo a la infraestructura vial de cada ciudad o municipio, es necesario analizar cuál es la más conveniente, para que los usuarios de cada zona o colonia, puedan pagar por el servicio de agua potable, de acuerdo a las necesidades del organismo operador y del usuario.

## **7.5. Diseño para planificar, presupuestar, implementar y evaluar los sistemas de pago en organismos de agua.**

En el siguiente diagrama de flujo (Figura 7.6) se muestra una propuesta para el proceso de la implementación de sistemas de pago. Está indicado al inicio de un plan de mejora de procesos, al ayudar a comprender cómo el sistema de pago se desenvuelve.

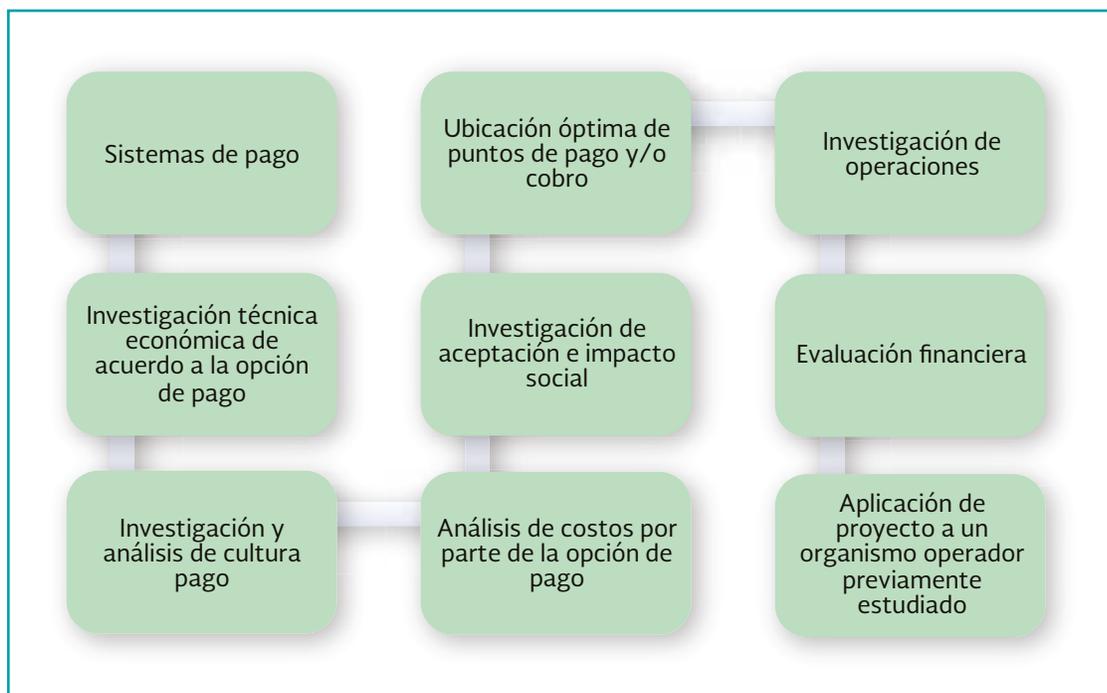


Figura 7.6. Diagrama de flujo para el diseño de las opciones de pago de un organismo operador.



## 7.6. Bibliografía

- Gómez López, José Martín; et al. (2015). Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de pérdidas. **Boletín IIE, 2015 octubre-noviembre**, 180-191.
- Islas Cortés, I., & Sainz Santamaría, J. (2007). Esquemas de cobro por servicio de agua potable en los municipios de México; restricciones institucionales y oportunidades de política pública. **Gaceta ecológica 82 (2007): 37-47 Instituto Nacional de Ecología**, 37-47.
- Jordain, J. L. (2011). Herramienta de evaluación para implementar buenas prácticas en el área de gestión comercial de operadores de agua y saneamiento. **Nota técnica No. 239**. El Salvador y Ecuador: Banco Interamericano de Desarrollo (BID), División de Infraestructura y medio ambiente.

# Capítulo 8

★ AVISO ★  
★ TARIFA ★  
★ ENERO ★  
★ 2017 ★  
★ CABECERA ★  
★ 1,476.10 ★  
★ IDOR ★  
★ 0.80 UN PAGO ★  
★ 5.40 DE 2 A 60 MESES ★  
★ SALARIO MINIMO ★  
★ " 2 MESES DE ADEUDO GENERAL" ★  
★ ★ SUSPENDER SERVICIO ★ ★ T

# TARIFAS: FUNCIONES, POLÍTICAS Y ESTUDIOS



## 8.1. Introducción

Según lo descrito en el Capítulo 2, dentro las eficiencias que deben observar los organismos operadores para alcanzar la eficiencia total de la calidad en los servicios, está la de comercialización del servicio, que incluye a su vez las eficiencias de padrón de usuarios, medición de consumos, tarifas, facturación, recaudación, y otras. Es claro que de estas cinco funciones y sus eficiencias depende principalmente el poder contar con los ingresos suficientes para hacer frente a los costos de la prestación de los servicios. Esto sin dejar de lado las eficiencias de la ingeniería de producción, de las que dependen los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura y equipamiento. Asimismo las eficiencias del desarrollo institucional, que incluye la autonomía organizativa, primordial para poder gestionar tarifas eficientes; también la formación de personal, orientación al consumidor y otras funciones que inciden en el rendimiento de todas las áreas de un organismo operador, y que recaen a su vez en los costos.

Por lo anterior, se recalca que los ingresos no dependen sólo de la eficiencia de las tarifas, sino también de las eficiencias de: padrón de usuarios, medición de consumos, facturación, y recaudación. Al respecto, en 1990 Saavedra et al (1991) realizaron un estudio sobre política tarifaria en 68 ciudades del país, para evaluar si ésta reflejaba la estructura marginal de costos, si propiciaba el ahorro del agua, si fijaba que pagase más quien utilizaba más, y si permitía captar mayor cantidad de recursos financieros para enfrentar los programas de ampliación de coberturas y de *rehabilitación de la infraestructura hidráulica existente*. Se concluyó que el nivel tarifario en México en esos años era en promedio adecuado y que el problema radicaba en la ineficiencia global, ya que se cobraba únicamente el 51% del agua abastecida. Asimismo que cualquier incremento tarifario perdería efectividad si no iba acompañado de acciones para incrementarla, es decir, de acciones de reducción de pérdidas físicas y comerciales (Saavedra J., 1991).

De acuerdo con el estudio que se refiere en el párrafo anterior, en la parte de evaluar si la tarifa propiciaba el ahorro del agua, y si fijaba que pagase más quien utilizaba más, las tarifas tienen ade-

más la función, junto con eficiencia del área comercial, y de todo el organismo operador, de gestión de las demandas. Anteriormente se trataba sólo de gestión de la oferta, ahora, con las limitantes del agua renovable per cápita en México, como se refiere en el Capítulo I, se trata también de la gestión de la demanda, pues ya es muy costoso sólo la primera, con fuentes de abastecimiento más lejanas y profundas y de menor calidad. En este aspecto es muy importante la medición de consumos, ya que como se describe en el capítulo 10, un cambio en la tasa fija de cobro no va a causar que el usuario cambie sus hábitos de consumo ya que, desde su punto de vista, el precio unitario del agua no cambia, sin importar la tasa que se le cobre (Bartone, 2003).

En relación a esta función de las tarifas, se han realizado a nivel internacional, y en menor medida nacional, estudios para evaluar la respuesta de los usuarios, registrados y con consumos medidos, al ajuste de tarifas, es decir la elasticidad precio-demanda, y también ingreso-demanda.

Pero por otra parte, los organismos de agua padecen varios problemas en la implementación y actualización de tarifas adecuadas, que cubran los costos de los servicios que prestan. Entre estos, problemas jurídicos pues generalmente es el congreso quien las autoriza. El Instituto Mexicano para la Competitividad A. C. (IMCO), lo atribuye a su actual diseño institucional, que si bien los organismos de las ciudades mexicanas son diversos en sus atribuciones y capacidades, algunas de sus debilidades son generalizadas, entre otras la falta de autonomía, en la que los organismos no pueden determinar sus tarifas (las determinan los congresos estatales). Otra debilidad es la falta de mandato de auto-sustentabilidad financiera, con lo que los organismos operadores no están obligados a operar como empresas productivas de carácter para-estatal y por lo tanto no necesariamente tienen que cubrir sus costos con ingresos propios; son altamente dependientes de los recursos y subsidios federales de la CONAGUA, así como de los apoyos de los gobiernos estatales y de las transferencias de la administración federal. Los organismos operadores apenas obtuvieron ingresos equivalentes al 75% de sus gastos (un peso de subsidios por cada tres pesos de ingresos propios) (IMCO, 2014).

Así pues las tarifas de agua sufren algunas distorsiones de mercado y en muy pocas ocasiones representan el costo total real del suministro de agua; algunas de dichas distorsiones son los subsidios. Los organismos operadores enfrentan también problemas socioeconómicos por la capacidad de pago y aceptación de los clientes.

Las tarifas son parte esencial para un buen funcionamiento del organismo operador; asimismo condicionan en gran medida la calidad del servicio, sin embargo como ya se recalzó, las tarifas por si mismas no garantizan el éxito ni la calidad de los servicios que reciben los usuarios, sino se acompaña de acciones complementarias en la parte técnica, administrativa y financiera, principalmente en aspectos como recuperación de cartera vencida y cobranza.

## 8.2. Marco jurídico y normativo

### 8.2.1. Nivel federal

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece en su artículo 115 fracción III, inciso a: que los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos, los relacionados a: agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

Asimismo en la Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1<sup>ero</sup> de diciembre de 1992, última reforma publicada DOF 24-03-2016, en su artículo 112 Bis, se establece que “Las cuotas de los derechos y otras contribuciones federales y demás cuotas y tarifas que se establezcan por uso o aprovechamiento de agua, o por la prestación de los servicios relacionados con las obras de infraestructura hidráulica deberán estar diseñadas, en concordancia con las disposiciones que dicte la Autoridad en la materia, para:

- I. Privilegiar la gestión de la demanda, al propiciar el uso eficiente del agua, la racionalización de los patrones de consumo, y, en su caso, inhibir actividades que impongan una demanda excesiva;
- II. Prever los ajustes necesarios en función de los costos variables correspondientes, conforme a los indicadores conocidos que puedan ser medidos y que establezcan las propias bases de las contribuciones, cuotas y tarifas;
- III. Recuperar inversiones federales mediante contribuciones en un periodo establecido que no será menor que el periodo de recuperación del costo de capital o del cumplimiento de las obligaciones financieras que se contraigan con motivo de la concesión, y
- IV. Las demás que resulten aplicables, en términos de Ley.”

Es entonces responsabilidad de los municipios suministrar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, así como realizar el cobro por los mismos.

### 8.2.2. Nivel estatal y municipal

Los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se prestan a través de los organismos operadores de agua o mediante otras figuras que las leyes y normativas locales tengan previstas. Por ejemplo La Ley de Agua para el Estado de Durango establece en su Artículo 10 que los usuarios de los servicios de agua potable, en los términos de la propia Ley y dentro del Sistema Estatal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, podrán participar en la planeación, programación, operación, supervisión o vigilancia de los servicios y sistemas hidráulicos, así como el cuidado del uso eficiente del agua y preservación de calidad, a través de: I.-Órganos consultivos y de gobierno de los organismos operadores a los que se refiere la presente Ley; II.- Comités comunitarios crea-

dos para promover la construcción, conservación, mantenimiento, rehabilitación y operación de los sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento; y III.-Grupos organizados del sector social debidamente constituidos y reconocidos, así como personas físicas o morales a las que se pudiera otorgar en concesión o con los que pudieran celebrar contratos para construir y operar sistemas, prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado y saneamiento o administrar, operar, conservar o mantener la infraestructura hidráulica respectiva. Esta misma Ley en su Artículo 15 establece las atribuciones de la Comisión del Agua del Estado de Durango, entre éstas, establece en su inciso XXVII.- Determinar y enviar al cabildo respectivo para su aprobación en el presupuesto de ley de ingresos las cuotas y tarifas de conformidad con lo establecido en el Título Cuarto, Capítulo VI de esta Ley, cuando se encargue de la prestación de los servicios públicos; (Durango, LXVII Legislatura, 2017).

Los organismos operadores son organismos desconcentrados o descentralizados de los gobiernos municipales, que otorgan en su mayoría dichos servicios, aunque en ocasiones estos servicios los pueden brindar sistemas comunitarios, y es en los congresos locales (estatales o municipales), en donde se aprueba y publica la tarifa vigente (ley de ingresos) para cada uno de los organismos operadores, según el municipio que se trate a petición de cada organismo operador (Junta directiva, de gobierno, etc.).

### 8.3. Políticas tarifarias

En la definición de las políticas de comercialización de una empresa de agua potable y saneamiento, se debe partir de las políticas, estrategias y metas establecidas por la empresa en concordancia con un plan nacional y con los demás objetivos y políticas establecidas a nivel estatal (SATECIA, 1980). En este caso a partir del Plan Nacional Hídrico (PNH) con un diagnóstico de la situación nacional, objetivos, estrategias y líneas de acción (PNH, 2014) y en concordancia de las leyes mencionadas en el apartado anterior se muestra la Figura 8.1.

Considerando lo anterior, y que la comercialización de los servicios corresponde a una de las actividades finales de la empresa, que permitirá alcanzar las metas previstas, se deben determinar las respectivas políticas en función de aspectos como: área de atención, recursos disponibles, dentro de un plan global, metas de atención en términos de servicio a prestar (cuantas y cuáles localidades), cobertura de población atendida, número total de tomas, prioridades económico-financieras establecidas en la viabilidad global de la empresa.



Figura 8.1. Objetivos del PNH en Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.

### 8.3.1. Tarifa y estructura tarifaria

En la definición de las políticas tarifarias intervienen dos aspectos. En primer lugar el precio a ser cobrado por los servicios que se prestan (nivel tarifario). En segundo lugar la distribución entre los usuarios (estructura tarifaria) (SATECIA, 1980).

### 8.3.2. Principios de las políticas de tarifas

Las políticas de las tarifas establecen que éstas deben tener los principios de eficiencia económica, eficiencia financiera, protección al ambiente, acceso universal a los servicios y que se debe garantizar la simplicidad y transparencia.

#### 8.3.2.1. Eficiencia económica

Entendida como el punto en donde se obtiene el mayor beneficio, a los menores costos, garantizando la existencia de los servicios a largo plazo, para lo cual cada organismo operador podrá fijar sus tarifas en función de la metodología que mejor determine sus ingresos y egresos, considerando incluso apoyos sociales tales como subsidios, mismos que quedarán sujetos a la determinación individual de su aplicación.

### 8.3.2.2. Protección al medio ambiente

Las tarifas son instrumentos que permiten la protección del agua, considerando que el establecimiento de una tarifa adecuada incita a reducir la contaminación del agua (permite valorar un costo real de contar con el recurso), y adicionalmente incentiva la utilización racional, lo cual disminuye la presión sobre los recursos hídricos y el medio ambiente. Permite valorar el agua de tal forma que el usuario realiza el consumo de agua de segundo uso y con ella realiza actividades comerciales o productivas, como puede ser el uso en servicios de auto lavado, privilegiando el agua de primer uso para actividades domésticas prioritarias.

### 8.3.2.3. Eficiencia financiera

La existencia de tarifas adecuadas y su cobro permiten recaudar recursos financieros para garantizar la viabilidad y crecimiento de las infraestructuras y de los organismos operadores.

Se ha observado que en organismos operadores en donde las tarifas se elevan incluso de manera responsable, pero no se tiene control en la gestión de cobranza y recuperación de cartera vencida, los índices de morosidad se disparan de manera alarmante, lo que no alcanza a compensar los niveles de recaudación anteriores al incremento de tarifa, causando graves daños en la estructura financiera del organismo operador.

### 8.3.2.4. Acceso universal a los servicios

Las tarifas deben, sin perder los criterios de eficiencia y la orientación a satisfacer el servicio público, reconocer las diferencias en los costos que se pueden generar por cuestiones geográficas, de características del agua nativa, y otras que no dependen de los organismos operadores; garantizando siempre el acceso universal a los servicios.

### 8.3.2.5. Simplicidad y transparencia

Las tarifas deben calcularse y aplicarse con los principios de simplicidad y transparencia, puesto que es de interés general conocer la forma de establecimiento de las mismas y su aplicación.

## 8.3.3. Subsidios en las tarifas de agua

El subsidio es un concepto económico utilizado para definir transferencias de recursos que realiza el estado a un grupo o grupos de agentes económicos, los cuales consisten en donaciones de

dinero o bien en prestaciones gratuitas de servicios. El fin de los subsidios es el de apoyar socialmente a los grupos desfavorecidos, es decir principalmente a la población de bajos recursos o en condición de alto grado de marginación, sin embargo los subsidios también pueden tener como objetivo el de corregir distorsiones en el mercado y pueden ser motivados por razones políticas, de seguridad social, alimentaria, entre otras.

Los subsidios modifican la oferta de los servicios, ya que su componente incide principalmente en los costos de producción, mientras que la demanda permanece sin modificación alguna, en la Figura 8.2, la oferta natural estaría indicada por Oferta 1, mientras que la oferta considerando los subsidios estaría dada por Oferta 2, es decir: la diferencia existente entre  $P_2$  y  $P_1$ , indica el importe total al que asciende el subsidio.

En mercados en equilibrio el precio suele autoregularse conforme a los movimientos de la oferta y demanda, y aunque no es inmediato la modificación de los precios, estos suelen tender al equilibrio (Cuéllar, 2005), en el caso del uso de subsidios lo que se obtiene son precios artificiales que finalmente representan una pérdida social, es decir que afecta tanto a productores (en este caso al organismo operador) como a consumidores (usuarios del servicio).

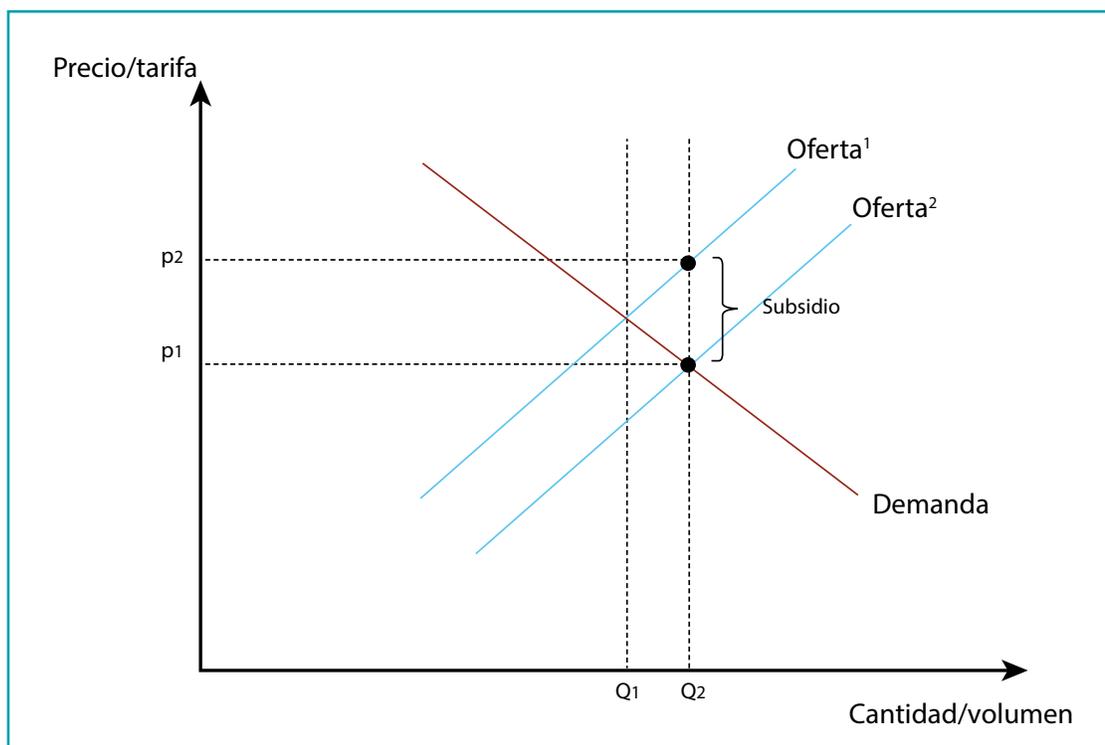


Figura 8.2. Representación gráfica del subsidio en el mercado de agua. Fuente: IMTA

### 8.3.3.1. Subsidios directos e indirectos

Los subsidios directos, son aquellos en los que el o los beneficiarios están plenamente identificados, mientras que en los subsidios indirectos, ocurre lo contrario, es decir, no se puede identificar plenamente al beneficiario. (Méndez Morales, 2009).

### 8.3.3.2. Subsidios cruzados

En el caso de los subsidios cruzados, estos tienen como finalidad, dar tarifas preferenciales a ciertos sectores, cargando su costo al resto de usuarios. El impacto de los subsidios cruzados, pareciera ser benéfico para la sociedad sin embargo implica la pérdida de bienestar económico y sobre todo al generar precios artificiales de los productos y/o servicios en cuestión, induce a aquellos sectores que han sido favorecidos con el subsidio a utilizar sin cuidado y medida el beneficio recibido debido a que el hecho de no pagar por el bien o servicio, no genera la posibilidad de valorarlo (realidad virtual), en cambio para aquellos sectores que tienen la carga del sobreprecio, deben restringir su uso con las implicaciones sociales y económicas que ello conlleva, por ejemplo limitar su uso en actividades productivas, o de mayor beneficio social.

La eficiencia en la asignación de los recursos ocurre cuando el costo marginal social es igual al beneficio marginal social. Cualquier punto de equilibrio distinto a éste genera una disminución del bienestar social. En la Figura 8.3,  $P_0$  y  $P_1$  representan tarifas diferentes al costo marginal social de producción, donde  $Q_0$  y  $Q_1$  son sus respectivas cantidades demandadas y consumidas. Al tarifarse por encima del costo marginal ( $P_0$ ) se tiene un costo social neto (área achurada izquierda) por restringir el consumo a un nivel menor al socialmente óptimo. Al tarifarse por debajo del costo marginal ( $P_1$ ) se tiene un consumo superior al socialmente óptimo, produciéndose un costo social neto (área achurada derecha) por ese consumo excedente, puesto que el beneficio por el consumo de esa agua excedente es menor que el costo social de producirla. Estos costos pueden evitarse tarifando eficientemente (Cepep, 1998).

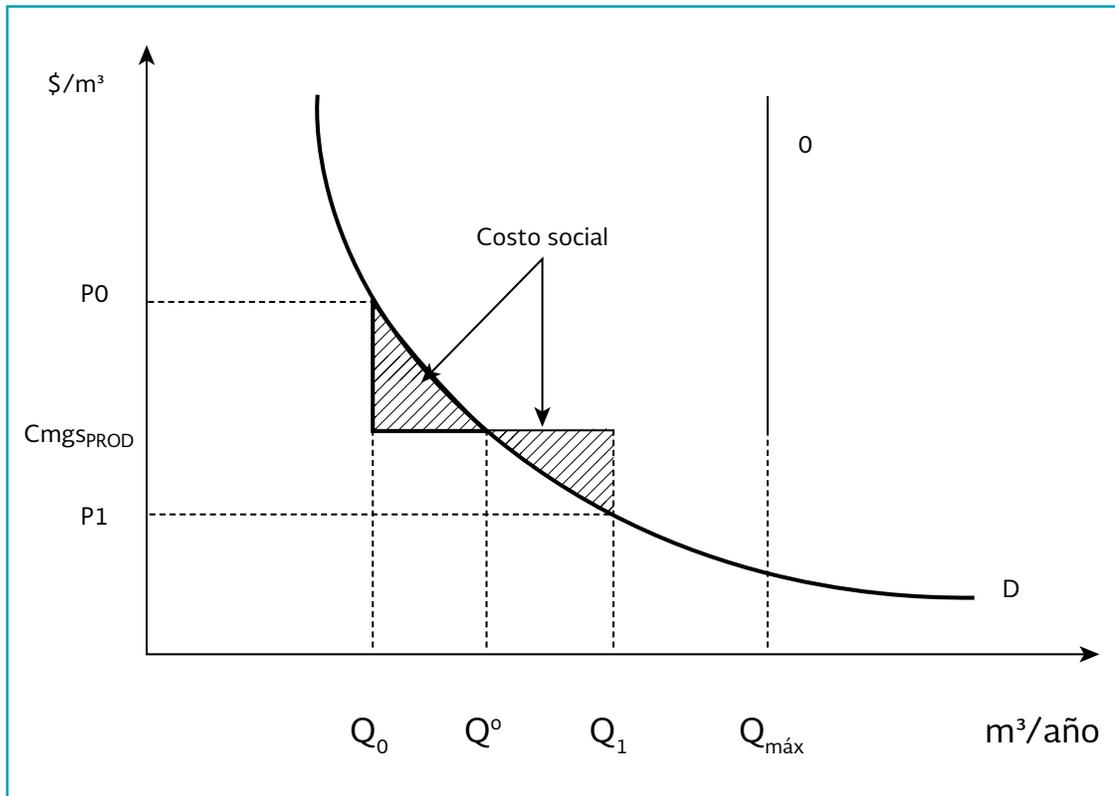


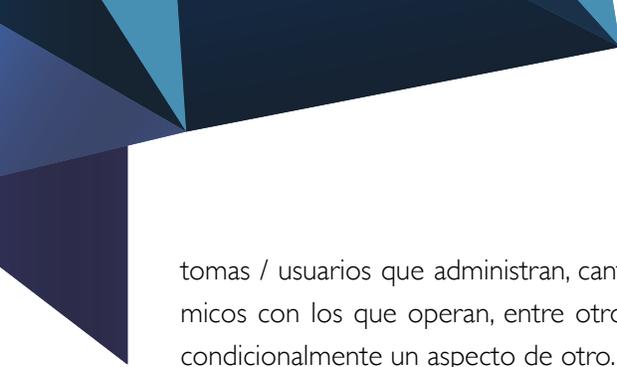
Figura 8.3. Ineficiencia de una tarifa no basada en costos marginales. Fuente (Cepep, 1998).

## 8.4. Estructuras tarifarias

La tarifa o el nivel tarifario deben entenderse como la relación de costos e ingresos, que determinan las cuotas que deben pagar los usuarios como contraprestación por los servicios brindados por el organismo operador o sistema abastecedor de agua; y la estructura tarifaria como la tabla o listado de valores unitarios que sirve de base para determinar las cuotas que deben pagar los usuarios por un bien o servicio (suministro de agua potable, alcantarillado y saneamiento), como contraprestación por el uso del servicio, considerando diferentes precios, según el nivel consumo o uso del servicio.

### 8.4.1. Clasificación de las tarifas de acuerdo al volumen de agua consumido

Los organismos operadores de agua cuentan con realidades muy diferentes a lo largo del territorio nacional, estas diferencias pueden ser desde el tamaño, considerando por ejemplo: el número de



tomas / usuarios que administran, cantidad de empleados con los que cuentan, recursos económicos con los que operan, entre otros. Todos ellos ligados entre sí, aunque no necesariamente condicionalmente un aspecto de otro.

Por ejemplo, podemos hablar de organismos operadores pequeños considerando el número de tomas que administran, con una relación alta de personal (personal/número de tomas administradas), y con suficiente cantidad de recursos económicos, lo cual generalmente se traduce en altas tasas de recaudación y eficiencia económica, es decir, los usuarios pagan las tarifas de agua en tiempo y forma y el organismo mantiene finanzas sanas, orientadas al mantenimiento y reparación, lo que lo vuelve eficiente y con ello puede pagar el personal que se encuentra trabajando, brindando atención eficiente y oportuna a los usuarios, volviéndose un círculo virtuoso para el organismo operador y la sociedad.

Por otro lado, se puede encontrar a organismos operadores de agua grandes en tamaño considerando el número de tomas que administran con grandes carencias tanto económicas, como de personal; en esos casos es muy común que el organismo opere con número rojos y altas tasas de morosidad y cartera vencida.

Las diferentes realidades en los organismos operadores no es únicamente en las características ya mencionadas, también suele haber diferencias en la determinación y actualización de tarifas cobradas al público, tal como se comentó en las políticas de las tarifas, por lo que a continuación se presentan diferentes tipos.

#### 8.4.1.1. Tarifas escalonadas

Las tarifas escalonadas se definen como aquellas en las que los primeros metros cúbicos de agua son estables, es decir tienen el mismo costo, pero si se supera el límite establecido el costo pasa a un segundo nivel en donde ocurre exactamente lo mismo que en el primero, es decir se mantiene el costo por cada metro cúbico adicional.

En la Tabla 8.1, se muestra un ejemplo de una tarifa escalonada, en la cual existe una tarifa base para los primeros 12 metros cúbicos consumidos, es decir que en ese caso, no importa si el usuario consume o gasta 5 o 12 metros cúbicos, la tarifa que pagará ante el organismo operador será el mismo. Sin embargo, si llega al siguiente escalón (de 13 a 20 m<sup>3</sup>), se incrementará la tarifa en \$5.70 pesos adicionales por cada metro cúbico consumido, hasta llegar al siguiente escalón, en donde la tarifa a aplicar será de \$5.94 pesos, en lugar de los \$5.70 aplicados en el escalón inmediato anterior.

Tabla 8.1. Tarifas en relación a los metros cúbicos (m<sup>3</sup>) consumidos. Servicio subsidiado

Servicio Subsidiado Domestica		Agua y Drenaje (Tarifa en Pesos)
0	12	\$ 68.31
13	20	\$ 5.70
21	30	\$ 5.94
31	40	\$ 6.17
41	50	\$ 6.17
51	60	\$ 6.41
61	70	\$ 6.64
71	80	\$ 7.12
81	90	\$ 7.35
91	100	\$ 7.83
101	9999	\$ 9.73

Fuente: Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo., correspondiente al ejercicio fiscal 2017.

La principal desventaja de las tarifas escalonadas es que no permite al usuario valorar el uso del agua, puesto que mientras se mantengan en un rango no verán incrementos sustanciales en la tarifa, sino hasta que excedan el límite del escalón y asciendan al siguiente.

#### 8.4.1.2. Tarifas m<sup>3</sup> a m<sup>3</sup>

Las tarifas metro cúbico a metro cúbico a diferencia de las tarifas escalonadas, tienen un incremento gradual como su nombre lo indica a cada metro cúbico adicional que se consume y cada uno es más caro que el metro cúbico anterior, es decir el costo del m<sup>3</sup> no se mantiene por rangos como sucede en las tarifas escalonadas.

En la Tabla 8.2 se muestra un ejemplo de tarifa metro a metro, en donde se muestra como cada metro cúbico adicional, es más caro que el anterior: En las tarifas determinadas de esta forma es mucho más fácil que el usuario se sensibilice en el consumo de agua y por lo tanto sea mucho más cuidadoso de su buen uso, evitando fugas al interior del domicilio o reportando situaciones que comprometan pagos excesivos.

Tabla 8.2. Tarifas vigentes de los primeros 20 m<sup>3</sup> al mes de julio del 2016 para el municipio de Cadereyta de Montes.

Costo adicional de columnas 2, 4 y 6: Por ejemplo para un 1 m<sup>3</sup> Doméstico Económico es 6.39, que al agregar precio base de 29.85 se obtiene 36.24= 29.85+6.36.

m <sup>3</sup>	Doméstico Económico	Costo de cada m <sup>3</sup> adicional	Doméstica Medio	Costo de cada m <sup>3</sup> adicional	Doméstico Alto	Costo de cada m <sup>3</sup> adicional
0	29.85		45.37		177.91	
1	36.24	6.39	55.76	10.39	202.03	24.12
2	42.75	6.51	66.50	10.74	227.11	25.08
3	49.37	6.62	77.59	11.09	253.14	26.03
4	56.12	6.75	89.06	11.47	280.12	26.98
5	62.98	6.86	100.93	11.87	308.06	27.94
6	69.97	6.99	113.21	12.28	336.96	28.90
7	77.08	7.11	125.91	12.70	365.55	28.59
8	84.30	7.22	139.06	13.15	394.75	29.20
9	91.64	7.34	152.66	13.60	424.54	29.79
10	99.10	7.46	166.72	14.06	454.93	30.39
11	106.69	7.59	180.24	13.52	485.91	30.98
12	114.39	7.70	194.06	13.82	517.50	31.59
13	122.21	7.82	208.17	14.11	549.67	32.17
14	130.15	7.94	222.58	14.41	582.45	32.78
15	138.21	8.06	237.33	14.75	615.82	33.37
16	146.39	8.18	252.38	15.05	649.79	33.97
17	154.69	8.30	267.77	15.39	684.36	34.57
18	163.10	8.41	283.51	15.74	719.53	35.17
19	171.64	8.54	299.60	16.09	755.29	35.76
20	180.30	8.66	316.05	16.45	791.65	36.36

Fuente: CEA Querétaro (Querétaro)

La característica principal de este tipo de tarifas es que suelen ir vinculadas al servicio medido, es decir, se cuenta con micromedidores en la toma de cada usuario, lo que permite saber el gasto exacto que se está realizando, sin embargo, no es exclusivo, ya que en las tarifas escalonadas también existen medidores que señalan el consumo realizado del usuario.

### 8.4.1.3. Cuota fija

La tarifa denominada cuota fija se cobra en los casos en los que no existe micromedición por parte del organismo operador; o bien, aunque existan medidores instalados no funcionan, no se toma lectura, se encuentran dañados o simplemente no se consideran por parte del organismo, la cuota fija se establece con base en consumos promedios, los cuales pueden estar fundamentados en registros históricos, estimarse por parte del organismo, o bien definirse como el consumo medio de un hogar en función a la bibliografía.

Este tipo de tarifa es la que menos refleja la realidad del consumo de un usuario, y se presta a realizar consumos desmedidos sin que la autoridad (organismo operador) tenga control.

Pese a que es una tarifa que presenta muchas deficiencias considerando que no refleja el costo real del servicio y permite que los usuarios hagan mal uso del agua, en México es muy común que los organismos operadores tengan este tipo de tarifa establecida, lo que implica un amplio desconocimiento del consumo real del volumen de agua que realizan los usuarios y el volumen de agua que se pierde en usuarios clandestinos y a lo largo de las líneas de distribución.

## 8.4.2. Tarifas en los organismos operadores de agua según su uso

Las tarifas que se aplican en cada organismo operador son distintas dependiendo de varios factores de incidencia (ver apartado factores de incidencia), y adicionalmente a estos factores que influyen activamente en la determinación de la tarifa, existe una clasificación al interior de los organismos operadores, estas clasificaciones consideran el uso que se le da al agua suministrada, clasificando de esta forma en los siguientes tipos de usuarios, doméstico, comercial, industrial, público, mixto, entre otros.

### 8.4.2.1. Doméstico

El uso doméstico considera el gasto de agua realizado en actividades como: alimentación, limpieza de viviendas, lavado de ropa, higiene y el aseo personal, es decir consumos realizados en el día a día en las actividades cotidianas de una vivienda, y en donde las actividades que se realizan no son de forma lucrativa.

Es muy común que existan sub-clasificaciones en este tipo de usuarios, donde se pueden considerar diferentes aspectos de la vivienda, las más comunes son: doméstico bajo, medio, alto, o bien doméstico subsidiado, doméstico y residencial, estas sub-clasificaciones obedecen a diferenciar el nivel de ingreso de los hogares para determinar la tarifa a aplicar y pueden estar basados según la zona en donde se ubica la vivienda (medios de comunicación, servicios, valor catastral, entre otros), materiales usados en la construcción, tamaño de la construcción, u otros factores que determine el organismo operador.

### 8.4.2.2. Comercial

Los usuarios comerciales como su nombre lo indica son todos aquellos que usan el agua con fines comerciales (lucrativos), estos pueden ser: tintorerías, lavanderías, peluquerías, tiendas y comercios

en general. Existen comercios secos y húmedos, es decir podemos hablar de misceláneas, agencias de viajes, servicios de asesorías o cualquier comercio en donde únicamente se cuenta con medio baño para servicio del empleado sin que realmente se realice un consumo excesivo de agua, a este tipo de comercio se le sub-clasifica como comercio seco, mientras que en el caso de los comercios húmedos se habla de lavanderías, lavado de autos, salones de fiestas, etc; en donde el uso del agua es primordialmente como herramienta de trabajo.

El uso comercial se distingue porque como tal no es una vivienda, sino que se ubica como local independiente, o puede suceder que, aunque se encuentre una vivienda con local comercial, se tengan tomas separadas para cada uno de los usos (lo que suelen recomendar los organismos operadores), en caso contrario podemos hablar de un uso mixto.

### 8.4.2.3. Mixto

El uso mixto está considerado para algunos organismos operadores en el país y se aplica cuando no es posible clasificar el uso del agua, es decir: se presenta la mezcla de consumo doméstico y comercial al mismo tiempo.

### 8.4.2.4. Industrial

El consumo de agua industrial merece una clasificación independiente debido a que las industrias demandan una gran cantidad de agua como parte de sus procesos productivos, y a diferencia de los comercios el uso del líquido es sumamente lucrativo, por ello son usuarios con clasificación independiente y usualmente el consumo que realizan es medido, aun cuando al resto de los usuarios (domésticos y comerciales) no se les instale medidores; otra diferencia significativa es que a los usuarios industriales se les instala un macro-medidor; es decir, un medidor diseñado para altos consumos.

## 8.5. Integración de tarifas

Las tarifas de agua que cobran los organismos operadores deben contener al menos los siguientes aspectos:

- Derechos de extracción
- Costos de energía eléctrica
- Costos de distribución y operación
- Costos de tratamiento y pruebas de calidad del agua
- Costos de reposición y mantenimiento de maquinaria y equipo

- 
- Costos de personal (sueldos y salarios)
  - Gastos administrativos, de gestión y cobranza
  - Inversiones en infraestructura
  - Costos de servicios de alcantarillado y drenaje

Las tarifas deben considerar cada uno de los costos que realiza el organismo operador de manera pormenorizada, de tal forma que permita el cálculo detallado de los egresos.

## 8.6. Evaluación de la tarifa en la gestión de las demandas

En (Salazar, A. y Pineda Pablos, N., 2010) se refiere que si bien un aumento de las tarifas es una opción factible para reducir el consumo (conocido como elasticidad del agua), esta medida sólo funcionará de manera óptima si se suman otras mejoras en la administración. Por otra parte, que es indispensable planificar las necesidades futuras de agua. Que de acuerdo con los resultados obtenidos, la elasticidad ingreso es 0.2, que debe considerarse para ajustar las cuotas en términos reales, y para reducir la demanda generada por cambios en el ingreso. Se refiere también que la elasticidad precio del agua en México es de 0.33, muy cercana a la media internacional de -0.43, según Dalhuisen et al (2003). Que aunque los aumentos en las tarifas pudieran tener un efecto modesto sobre el gasto per cápita, el ahorro en el consumo agregado mejoraría la situación financiera de los organismos operadores de agua potable en el país, y los dotaría de recursos adicionales para el mantenimiento de las redes (Salazar, A. y Pineda Pablos, N., 2010).

### 8.6.1. Elasticidad de la demanda

Cuando hablamos de elasticidad de la demanda, hablamos de los cambios reflejados a lo largo de la curva de demanda (cantidad demandada) a partir de variaciones en los precios, en otras palabras, mide los cambios (sensibilidad) a partir de variaciones en los precios. (Pazos, 1976).

Cuando hablamos de una curva de demanda elástica, estamos considerando que, pequeñas variaciones en el precio provocan grandes variaciones en la cantidad demandada del bien o servicio referido. Por otro lado, una demanda inelástica es aquella, en donde los cambios en la cantidad demandada son poco sensibles a los cambios en los precios. Finalmente podemos hablar de demanda unitaria cuando la sensibilidad en la cantidad del bien o servicio demandado, responde a un cambio en igual variación en el precio.

Para el cálculo de la elasticidad, se considera el valor absoluto de la siguiente ecuación:

$$E_{pd} = \frac{\% \text{variación en la cantidad demandada}}{\% \text{variación en el precio}} = \frac{D \frac{Qd}{Qd}}{D \frac{P}{P}}$$

Si el resultado de la operación es mayor que uno, la demanda de ese bien es elástica; si el resultado está entre cero y uno, su demanda es inelástica, y finalmente si es igual a uno, hablamos de una demanda unitaria.

El factor que más influye en el tipo de elasticidad, es aquel relacionado con el tipo de necesidad al que satisface:

- Primera necesidad o básico, en este caso se esperaría que la demanda sea inelástica, debido a que al ser un bien o servicio básico, es indispensable adquirirlo, sea cual fuere el precio
- Bien de lujo, se esperaría que la demanda será elástica, esto debido a que si el precio del bien baja, muchas personas estarían dispuestas a consumir una mayor cantidad aprovechando el cambio en el precio o por el contrario si el precio sube de manera exorbitante, al ser un bien de lujo, muchas personas preferirían prescindir de él bien o servicio, mientras el precio sea elevado.

En la Figura 8.4 se representa de manera gráfica la elasticidad:

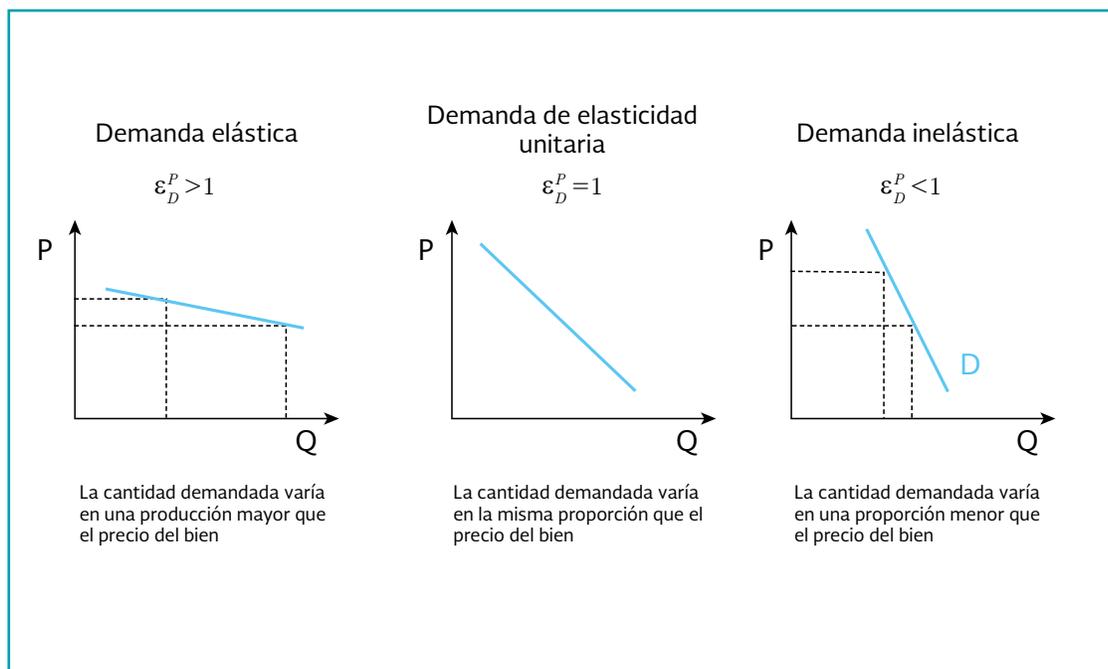


Figura 8.4. Tipos de elasticidad de la demanda.

## 8.6.2. Elasticidad de la oferta

La elasticidad precio de la oferta es la variación (sensibilidad) de la cantidad ofrecida de un bien por parte del productor; ante variaciones en el precio; se calcula dividiendo la variación porcentual de la cantidad ofrecida por la variación porcentual del precio. Similar a lo que ocurre con la demanda pero desde el punto de vista del productor.

Se dice que la oferta de un bien es elástica si la cantidad ofrecida responde considerablemente a las variaciones del precio. La oferta será entonces inelástica, si solo responde levemente a las variaciones del precio.

Por ejemplo: Si el precio del bien se incrementa, el productor tendrá mayores incentivos para producir una mayor cantidad de bienes o bien de incrementar el servicio, en cuyo caso hablamos de una oferta elástica, por el contrario si pese a que se incremente el precio, no existen incentivos para el productor de incrementar sustancialmente su producción, entonces estamos ante una oferta inelástica.

Según la teoría económica los precios suelen tender al equilibrio, regulando oferta y demanda y determinando de esta forma la cantidad ofrecida por parte de los productores y la cantidad demandada por parte de los consumidores, cuando esto sucede se habla de un mercado en equilibrio, en donde:

$Q = oferta = demanda$

$P = tarifa de equilibrio$

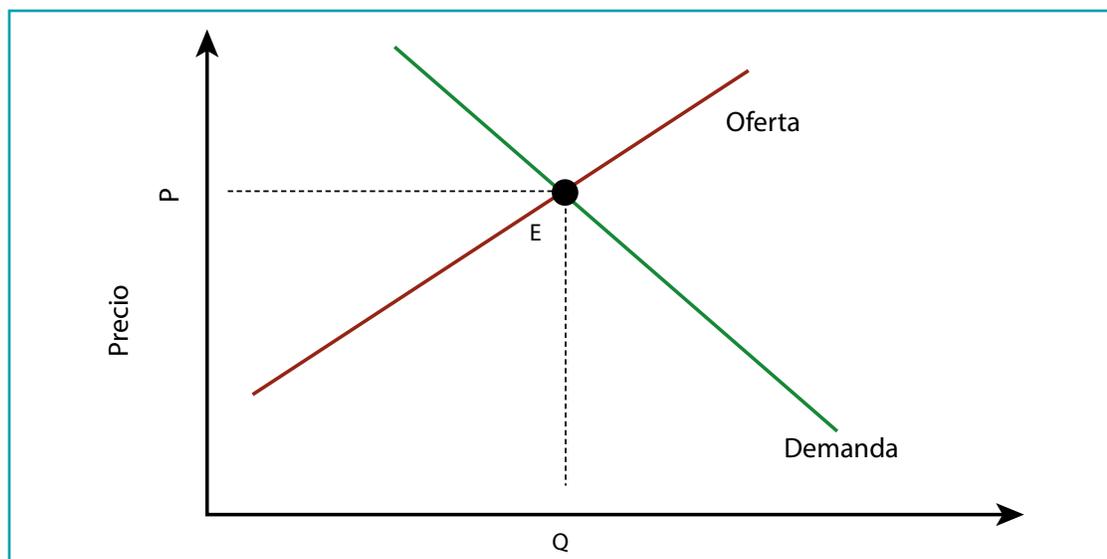
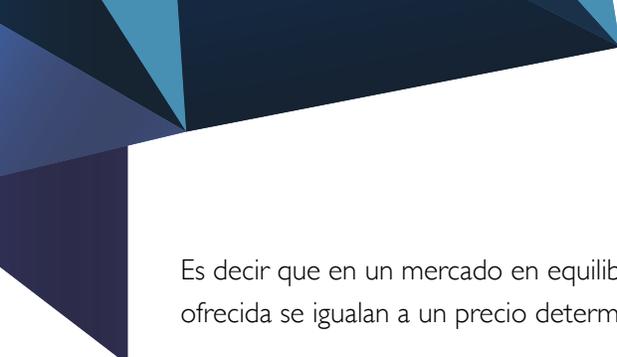


Figura 8.5. Mercado en equilibrio.



Es decir que en un mercado en equilibrio es aquel en donde la cantidad demandada y la cantidad ofrecida se igualan a un precio determinado. (Debreu, 1973).

Cuando hablamos del mercado del agua, estamos hablando de un mercado quizá único y con muchas complicaciones desde el punto de vista económico, ya que corresponde desde la perspectiva de la demanda a un bien indispensable, de consumo básico, pero considerado por algunos como un bien de lujo y según la reglamentación vigente, asegurar el acceso a dichos servicios corresponde a un derecho humano, y desde la perspectiva de la oferta, al no perseguirse rentabilidad económica como fin, y al no poder incrementar la producción como respondería un bien normal, hablamos de un modelo casi único con una oferta restringida por consideraciones ambientales.

### 8.6.3. Tarifa vs Precio ¿Cuánto vale el agua?

Como se ha dicho el mercado de agua merece un tratamiento especial considerando las particularidades que se generan en torno a él, una de las más grandes discusiones es referente a la determinación de la tarifa vs el precio real del líquido.

La principal problemática para determinar el precio real del líquido se encuentra en determinar factores ambientales como abatimiento de acuíferos, calidad del agua, y sustentabilidad, factores que económicamente es difícil valorar y por los que muchas veces los usuarios no están dispuestos a pagar o simplemente no se toma conciencia de su importancia, y que por lo tanto es difícil incorporar a la tarifa establecida.

En el mercado de agua es difícil hablar de precio como valor real, lo que finalmente se considera como aceptado es hablar del término tarifas como la relación de costos e ingresos, que determinan las cuotas que deben pagar los usuarios como contraprestación por los servicios brindados por el organismo operador o sistema abastecedor de agua.

### 8.6.4. Tarifa media de equilibrio

La tarifa media de equilibrio (Carrillo Flores, 1978), debe entenderse como la tarifa promedio que es cobrada y la cual debe ser suficientes para cubrir los costos derivados de la operación, el mantenimiento y administración de los sistemas; la rehabilitación y mejoramiento de la infraestructura existente; la amortización de las inversiones realizadas; los gastos financieros de los pasivos; y las inversiones necesarias para la expansión de la infraestructura. En otras palabras, que garantice la operación y funcionamiento del organismo operador.

La tarifa media de equilibrio es determinada por cada organismo operador, a través de diversas fórmulas determinadas al interior y aprobadas por la autoridad municipal o estatal competente.

### 8.6.5. Capacidad de pago

Como se estableció en el apartado de legalidad, el suministro de los servicios de agua están considerados como parte de los Derechos Humanos, a los cuales cualquier individuo debe tener acceso, en este sentido considerar la capacidad de pago de los usuarios es un factor determinante en la aprobación de las tarifas.

La tarifa que directamente se relaciona con los usos de consumo humano (no lucrativos), son las establecidas en el uso doméstico y generalmente cuentan con un subsidio, que permite favorecer a las personas más vulnerables como pueden ser personas de la tercera edad, jubilados y pensionados, o personas de bajos recursos a las cuales se les otorga el subsidio después de la aplicación de estudios socioeconómicos, ya que conforme al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el costo del agua no debe superar el 3% de los ingresos de la unidad familiar:

La capacidad de pago se determina a partir del ingreso promedio de los consumidores, es decir que se considera el ingreso de todos y cada uno de los usuarios en su conjunto. Considerar la capacidad de pago permite al organismo operador establecer tarifas que pueden ser pagadas por los usuarios, ya que de otro modo es decir, cuando se excede la capacidad de pago de los usuarios, se corre el riesgo de que caigan en mora y no cubran el costo de los servicios.

## 8.7. Tarifa y eficiencias de facturación y de recaudación

### 8.7.1. La tarifa y su relación con los índices de morosidad y cartera vencida

La capacidad de pago como ya se explicó en el apartado correspondiente, tiene muchas implicaciones en la tarifa, de la misma manera los cambios en la tarifa inciden directamente en los índices de morosidad y cartera vencida. No se puede analizar de manera individual los cambios en la tarifa, sin considerar la capacidad de pago, o la gestión de recuperación de cartera vencida. Se ha observado que incrementos en la tarifa con la finalidad de incrementar el monto de recaudación del organismo operador, puede ser no bien recibido por los usuarios y que incluso puede ser perjudicial, debido a que los usuarios prefieren dejar de pagar por decisión propia o bien no pueden solventar los incrementos.



Acciones dirigidas a la gestión de la morosidad y a la recuperación de cartera vencida, como requerimientos de pago, firma de convenios para pagos de adeudos en parcialidades (con la finalidad de generar una cultura de pago puntual en los usuarios, por lo que no se aceptan pagos únicos), restricción de servicios, y continuo seguimiento de caso para garantizar que no caigan en clandestinaje, mejoran la eficiencia de recaudación.

Con la implementación de acciones bien dirigidas se incide en la imagen que el usuario tiene del organismo operador, por lo que se obtiene un doble beneficio, se da el seguimiento de los casos con adeudos y se envía la señal a los vecinos y sociedad en general, de que no se puede simplemente dejar de pagar por el servicio y que de hacerlo, existen implicaciones jurídicas que se pueden realizar para garantizar los pagos pendientes.

Es importante tener en cuenta dichas consideraciones, al momento de decir incrementos en la tarifa con índices elevados de morosidad y cartera vencida, o bien realizar acciones coordinadas para garantizar efectividad en los incrementos de recaudación.

### 8.7.2. Importancia de la cultura de pago

La cultura del agua esta subvalorada en los organismos operadores de agua, en algunos de ellos incluso no existe el departamento o no se cuenta con personal o materiales para el desarrollo de actividades relacionadas a la cultura del agua y/o cultura de pago. La cultura de pago está estrechamente relacionada con la gestión de la morosidad y cartera vencida, un organismo operador de agua potable que no toma acciones concretas ante casos evidentes de clandestinaje, mal uso del agua, moras repetitivas, alteraciones en los medidores, etc., es un organismo con altas probabilidades de trabajar en números rojos.

La cultura del agua puede ir desde acciones en campañas de pago, promoción de convenios de pagos para usuarios morosos, publicidad de puntos de pago, beneficios sociales de realizar pagos oportunos, hasta implementación de juegos y sorteos que incentiven a los usuarios a conocer sobre las labores y beneficios que ofrece contar con un organismo operador fortalecido.

### 8.7.3. Variaciones en los costos

Considerando que el establecimiento de las tarifas en México está en función de los costos (Ver apartado Tarifa media de equilibrio), es evidente que variaciones en los costos tendrán impactos directos en la modificación de la tarifa, sin embargo en la mayoría de los organismos operadores la actualización de la tarifa no es de manera inmediata, ya que se encuentra sujeta a la aprobación y publicación en periódicos o gacetas oficiales, y se debe incluir en la ley de ingresos aprobada para

cada municipio (publicada a más tardar el 31 de diciembre del año inmediato anterior, al año de aplicación).

## 8.8. Bibliografía

- Bartone, C. R. (2003). *Optimización de políticas de medición en sistemas de distribución de agua potable*. Lima: CEPIS.
- Carrillo Flores, A. (1978). *Equilibrio económico I*. Editores Asociados.
- Cepep. (1998). *tarificación eficiente de agua potable para el sistema Chetuma, Quintana Roo (Perfil)*. Chetumal: CAPA.
- Cuéllar, L. I. (2005). *Macroeconomía aplicada*. McGraw-Hill Interamericana.
- Debreu, G. (1973). *Teoría del valor : un análisis axiomático del equilibrio económico*. Barcelona : Bosch, Durango, LXVII Legislatura. (19 de marzo de 2017). Ley de Agua para el Estado de Durango. *Ley de Agua para el Estado de Durango*. Durango, Durango, México: Periodico Oficial No. 19 de fecha 5 de marzo de 2017-Decreto 73.
- IMCO. (2014). *Guía para la creación de organismos metropolitanos de agua potable y saneamiento en México*. México, D.F.: Instituto Mexicano para la competitividad A. C.
- Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, D. (ejercicio fiscal 2017.). *Ley de Ingresos del Municipio de Gómez Palacio, Dgo.*
- Méndez Morales, J. S. (2009). *Fundamentos de economía*. McGraw-Hill.
- Pazos, L. (1976). *Ciencia y teoría económica*. Diana.
- PNH. (2014). *Programa Nacional Hídrico 2014 - 2018*. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional del Agua.
- Querétaro, C. C. (s.f.). *Tarifas vigentes al mes de julio de 2016*. Administración de Cadereyta de Montes.
- Saavedra J., e. a. ( 1991). "Tarifas de agua potable y alcantarillado en México en 1990", Comisión Nacional del Agua. . *Revista Ingeniería Hidráulica en México/mayo-agosto 1991*. Comisión Nacional del Agua-Instituto Mexicano de Tecnología del agua.
- Salazar, A. y Pineda Pablos, N. (2010). Factores que afectan la demanda de agua para uso doméstico en México. *Región y Sociedad*.
- SATECIA. (1980). *Políticas y estudios tarifarios. Taller sobre el desarrollo del Sistema Comercial de las Empresas de Agua Potable y Alcantarillado*. Lima, Perú.: Organización Panamericana de la Salud (OPS)-Proyecto de Desarrollo Tecnológico de las Instituciones de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado (DTIAPA).

# Capítulo 9



# SISTEMAS COMUNITARIOS DE AGUA-GESTIÓN Y OPERACIÓN

## 9.1. Introducción

En México y en muchos otros países una parte importante de la población es atendida en sus necesidades de agua potable y saneamiento, mediante los denominados sistemas comunitarios, sistemas independientes, comités de agua potable, etcétera. En la mayoría de los casos por que las empresas de agua u organismos operadores, municipales o estatales, han tenido dificultades para ampliar la infraestructura de prestación de los servicios. También existen los casos en los que las comunidades han decidido seguir teniendo los servicios de parte de estas organizaciones. Principalmente en comunidades rurales y periurbanas.

En (Marín, 2011) se describen como Organizaciones Comunitarias de Servicio de Agua (OCSAs). Asimismo como Juntas de Agua, Cooperativas, Comités de Agua, y “en fin, los distintos nombres que estas organizaciones reciben en América Latina”.

Pero lo preocupante es que una parte de la población no recibe estos servicios de ninguna organización. Generalmente por problemas de dispersión y de topografía de difícil acceso, lo cual hace que la infraestructura y su operación sean más costosas que las existentes en las poblaciones con servicios, y que la posible recaudación este lejos de cubrir al menos los costos de la operación.

Esa población sin servicios como los anteriores, de alguna manera se las arregla para contar con agua para cubrir sus necesidades básicas, y medios para el saneamiento. Por ejemplo se tiene el municipio rural Zacapil, Zacatecas, con una cobertura de agua entubada en las viviendas particulares habitadas del municipio de cerca del 75%, al año 2015, mientras que el 25% restante se abastece por acarreo, principalmente de pozo, agua de lluvia y pipa (INEGI, 2016). El problema es que no cumplen con los requisitos de agua segura, considerando el derecho humano al agua y saneamiento, en los que se especifican servicios mejorados. Aunque en esto también hay brechas en los servicios de las organizaciones mencionadas, en menor medida. La gente en general en México no toma el agua que suministran las empresas u organismos operadores de agua.

Pero existen ejemplos de que es posible atenderlos mediante organismos lo suficientemente grandes para absorber esos costos, debido a economías de escala y otros factores, como son las comisiones estatales de agua, a cargo de los servicios en los municipios, y cuyos ingresos a través de sus áreas comerciales juegan un papel definitivo para que esto sea posible. Un ejemplo es la CEA de Querétaro.

Entonces hay una población objetivo, que mediante la ampliación de la infraestructura, ya sea de los organismos operadores de agua, o de los sistemas comunitarios, pueda tener cobertura de los servicios que prestan, al menos en lo que marca el derecho humano al agua y saneamiento. Y esto es posible a través de los ingresos, de las áreas comerciales en los primeros, o su equivalente en los segundos, lo que implica su consolidación, modernización y su desarrollo institucional para poder incrementarlos.

Como una referencia importante en el tema, dentro de las oportunidades de mejoramiento, planteadas como objetivos estratégicos en los Acueductos Comunitarios en Costa Rica, destacan (Marín, 2011):

- Fortalecer la gestión de los acueductos comunitarios con énfasis en el aumento de cobertura, calidad del agua, medición domiciliar y aplicación de tarifas vigentes;
- Formalizar legalmente los acueductos comunitarios (personería jurídica, legalización de libros legales, concesiones o asignaciones de caudal, títulos de propiedad, etc.);
- Mejorar, actualizar y adaptar los marcos legislativos, institucionales y reglamentarios vigentes;
- Mejorar la estructura tarifaria, fomentando un esquema que promueva la autonomía financiera y el ahorro, con el fin de volver estos sistemas sostenibles a lo largo del tiempo;
- Establecer la administración de sus sistemas como el objetivo principal de cada Acueducto Comunitario, pero no su fin exclusivo, permitiendo así que promuevan iniciativas afines para el desarrollo y bienestar de su comunidad (p. ej., programas de reciclaje para evitar la contaminación de los ríos, la venta de servicios a otros Acueductos Comunitarios, etcétera) (Marín, 2011).

Respecto a la dispersión de la población, por ejemplo en el estado de Querétaro, en el año 2010 se reporta una población 2,171 habitantes en localidades de una vivienda, y 2,093 habitantes en localidades de dos viviendas (INEGI, 2010), lo que explica en parte el tamaño del problema (ver Figura 9.1).

Han existido intentos por crear núcleos de población para concentrarlos y facilitar la prestación de los servicios, pero no han sido lo exitosos que se esperaba. Tienen oportunidades de mejora.

Un ejemplo son las denominadas ciudades rurales en Chiapas. En (Mandujano, 2012) se reporta el caso de la Ciudad Rural Sustentable de Santiago El Pinar, Chiapas, un complejo que se instaló en unas 40 hectáreas para “concentrar localidades dispersas y facilitar la dotación de servicios básicos de calidad y alternativas productivas con empleos dignos y remunerados”. Pero ninguna de las casas tiene ahora agua potable ni luz eléctrica. Sólo fueron ocupadas y tuvieron servicios unos meses (Mandujano, 2012).

La cuestión es cómo consolidar los sistemas comunitarios, por un lado para mejorar los servicios que prestan en sus localidades, y por otro para ampliarlos a la población dispersa, dado que son la opción más viable para hacerlo. Esto sin descartar otras posibilidades como la comentada de las comisiones estatales.



Figura 9.1. Infraestructura y servicio de agua potable de la CEA Querétaro, en comunidades rurales dispersas del municipio de Cadereyta, Querétaro.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2013) define a la gestión comunitaria del agua, como el tipo de gestión que existe tanto en zonas urbanas como en rurales, debido a que en muchos estados y municipios no se puede cubrir a todos los grupos sociales, especialmente aquellos que viven en colonias pobres y marginadas o en rancherías muy



apartadas, por lo que se requieren alternativas de solución, en este tipo de gestión se abarca todo el ciclo del agua para que los habitantes de zonas urbanas y rurales de difícil acceso puedan gozar de un servicio de agua potable y saneamiento.

Los sistemas comunitarios, “son estructuras sociales creadas por grupos de vecinos, en zonas peri-urbanas o rurales, donde generalmente los servicios públicos o privados no se brindan. Por medio de estatutos de autogobierno, elección de líderes de manera abierta, sencilla, democrática y trabajo mancomunado, dirigen sus esfuerzos para establecer un sistema de captación, potabilización, distribución y pago por el servicio de agua y muchas veces también de saneamiento. Sus líderes normalmente no reciben pago por su trabajo, sino que lo hacen por vocación y compromiso social.” (CLOCSAS, Confederación Latinoamericana de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento, 2012)

## 9.2. Los servicios de agua potable y saneamiento en México y su marco jurídico

### 9.2.1. Marco Jurídico y normativo

#### 9.2.1.1. Nivel federal, estatal y municipal

En el Capítulo 8 (Tarifas) se refiere el marco jurídico de la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, tanto a nivel federal como estatal. En el primer caso, en el artículo 115 Constitucional, fracción III, inciso a, se establece que los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos, los relacionados a agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales. Asimismo la Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992, última reforma publicada DOF 24-03-2016. En el nivel estatal se refieren las leyes de agua de los estados, en particular la del estado de Durango, en la que se prevén, en su Artículo 10, los Comités comunitarios creados para promover la construcción, conservación, mantenimiento, rehabilitación y operación de los sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento; y Grupos organizados del sector social debidamente constituidos y reconocidos (Durango, LXVII Legislatura, 2017). Cada Estado tiene sus propias consideraciones respecto a los servicios de agua y saneamiento.

En el documento Panorama censal de los organismos operadores de agua en México, Censos Económicos 2009, (INEGI, 2011) se establece que los organismos operadores de agua presentan diversas características en su estructura y conformación, y que generalmente se encuentran adscritos al gobierno municipal representados en direcciones y comisiones de agua potable y

saneamiento, o en sistemas descentralizados de agua, y que también operan como juntas locales y comités de usuarios de agua y con menor frecuencia, como empresas concesionarias privadas.

Para presentar el servicio de agua, el organismo Operador debe contar con decreto de creación expedido por la autoridad municipal, en el que se delega la función de administrar los recursos de agua y generar la infraestructura técnica necesaria; además se le otorga la asignación para el aprovechamiento del agua y su distribución en un ámbito geográfico determinado (municipio, localidad urbana o localidad rural). Para el caso de las empresas privadas se otorgan concesiones de agua. Tanto los organismos públicos como los privados deben cumplir con la normatividad de la materia (INEGI, 2011).

### 9.2.1.2. Derecho humano al agua y saneamiento

El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas reconoció explícitamente el derecho humano al agua y al saneamiento, reafirmando que un agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos. La Resolución exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, a proporcionar un suministro de agua potable y saneamiento saludable, limpio, accesible y asequible para todos (ONU, 2018).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que se precisan entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para satisfacer las necesidades humanas más básicas, y que la fuente de donde se suministra el agua no debe situarse a más de 1,000 metros del hogar, asimismo el tiempo que se invierte en el acopio del líquido no debe exceder los 30 minutos, adicionalmente el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), señala que el costo del agua no debe superar el 3% de los ingresos de la unidad familiar (ONU-Agua, 2018).

En México, el Congreso de la Unión adicionó el 8 de febrero de 2012 un sexto párrafo al artículo 4º para elevar a rango constitucional el derecho humano al agua y saneamiento, con lo que se obliga al Estado a promulgar una nueva legislación en la materia. Además, el Estado asume la responsabilidad de respetar, proteger y garantizar su cumplimiento en forma accesible, suficiente, salubre, aceptable y asequible con participación ciudadana. Es importante comprender cada uno de estos criterios y reconocer los límites a vencer para garantizar su cumplimiento. Este derecho humano representa un gran reto para todos. El camino a seguir deberá iniciarse con los ajustes al marco legal en el ámbito nacional, como muchos países lo han hecho (Domínguez Mares & Arriaga Medina, 2015).

Una cabal comprensión de la política hídrica nacional no puede ni debe omitir entender el proceso de los cambios en el artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Si bien esta lucha ha iniciado en el extranjero, en México no tiene mucho de haberse consolidado. El agua se ha convertido en el bien emblemático cuyo suministro y calidad se enfoca, en un primer momento, en los habitantes de mayores ingresos económicos o que habitan en zonas de mayor plusvalía. Se ha llegado incluso al extremo de dejar sin agua a comunidades que tradicionalmente poseen un yacimiento para hacer uso del mismo en pos de explotarlo a favor de estos ciudadanos de "elite" y aún más dejar sin agua a la comunidad de donde el agua es originaria. El uso y gestión del agua en México ha creado figuras perversas de ciudadanos de primera y segunda clase, donde el bienestar de los primeros es inapelablemente preferible al de los segundos. Legislar a favor del derecho humano al agua en México fue una forma novedosa de ejercer justicia social, de vivir en un real estado de derecho de dejar en claro que todos los ciudadanos son iguales ante la ley y ante la infraestructura pública (Aguilar Obregón, 2015).

### 9.2.2. Cobertura institucional y comunitaria de los servicios

En la Figura 9.2 se muestra la variación de las coberturas de agua potable 2000, 2010, 2015 en México y el estado de Querétaro, como porcentaje de viviendas que disponen de agua entubada, considerando que la disponibilidad de este servicio es de gran importancia para la población, pues contar con abastecimiento de agua de la red pública disminuye en forma considerable los riesgos de contraer enfermedades asociadas a la ingestión de agua que no es adecuada para el consumo humano (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Querétaro, 2015) (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos, 2015). Estas coberturas son resultado de los esfuerzos realizados para la prestación de los servicios por parte de organismos operadores, y sistemas comunitarios. Es decir ambas formas son complementarias en el objetivo de acortar la brecha para la cobertura universal de los servicios de agua y saneamiento, como lo marca la legislación descrita.

Se observa que el estado de Querétaro está claramente por arriba de la media nacional de coberturas. Una de las razones de esto es que en este Estado los servicios de agua y saneamiento son proporcionados mayormente por la Comisión Estatal de Aguas (CEA), en 17 de sus 18 municipios, contando con la ventaja de las economías de escala que le da su tamaño como organismo operador. Aunque en Pinal de Amoles, en su cabecera municipal, se complementa con los servicios que proporciona un sistema independiente, así como en algunas comunidades como la de San Pedro, municipio de Huimilpan. Por su parte el segundo mayor municipio San Juan del Río tiene su propio organismo operador. Las coberturas resultan de la participación de estas organizaciones prestadoras de los servicios.



Figura 9.2. Cobertura de agua potable 2000-2015 en los Estados Unidos Mexicanos (curva inferior) y en el estado de Querétaro (superior). Elaboración propia con datos de (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Querétaro, 2015) y (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos, 2015).

En la Figura 9.3 se muestra la variación de las coberturas de drenaje 2000, 2010, 2015 en México y el estado de Querétaro, como proporción de viviendas particulares habitadas que disponen del mismo. Se observa como en el año 2000 el estado de Querétaro estaba por debajo de la cobertura nacional, en el 2010 la supera ligeramente y en el 2015 con más amplitud. Nuevamente, las economías de escala de la CEA y la participación de los sistemas independientes y del organismo operador de San Juan del Río, permiten estas coberturas, y proporcionar los servicios en las zonas más difíciles de introducción de infraestructura.

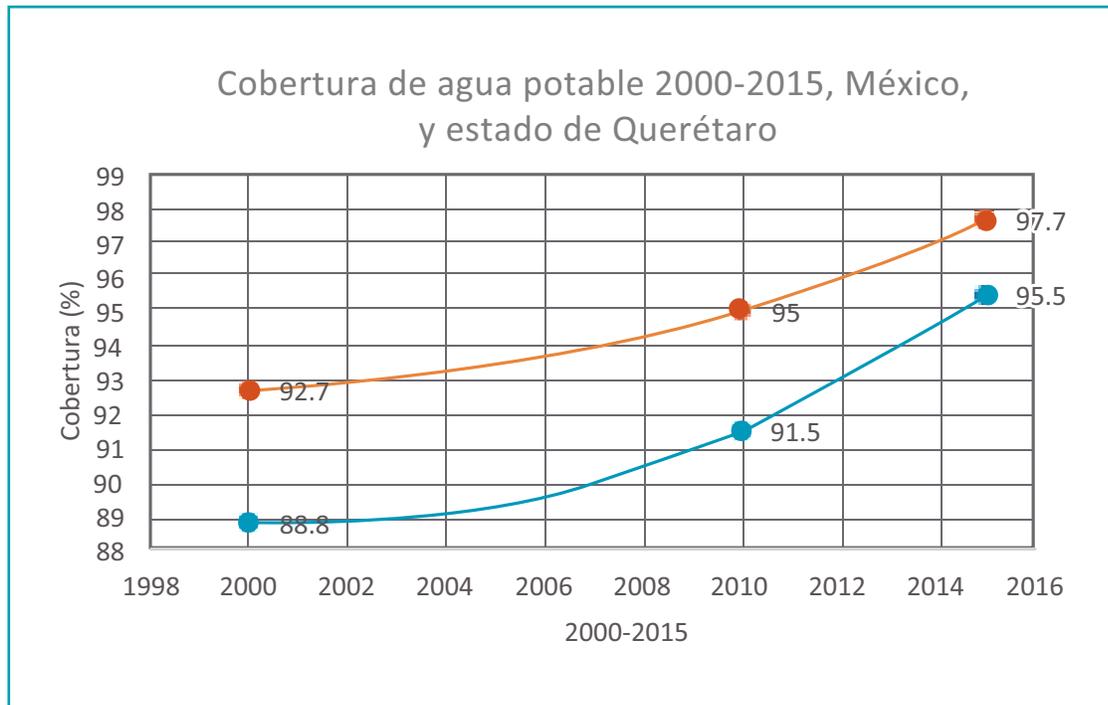


Figura 9.3. Cobertura de drenaje 200-2015 en los Estados Unidos Mexicanos (curva azul con mayor cobertura 2000) y en el estado de Querétaro (naranja con mayor cobertura 2015). Elaboración propia con datos de (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Querétaro, 2015) y (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos, 2015).

### 9.2.3. Población sin cobertura y satisfacción de sus necesidades de agua y saneamiento

La población sin servicios de organismos operadores ni de sistemas comunitarios, debido a su dispersión, difícil acceso y otros factores, se abastece por acarreo, principalmente de pozo, agua de lluvia y pipa (INEGI, 2016), con la desventaja de que no cumplen con los requisitos de agua segura, considerando el derecho humano al agua y saneamiento, en los que se especifican servicios mejorados. Por ello las organizaciones prestadoras de los servicios, de manera complementaria, tienen la responsabilidad de acortar la brecha para la cobertura universal de los servicios de agua y saneamiento.

### 9.2.4. Disgregación de organizaciones prestadoras de los servicios

Referente a los censos económicos 2009, la unidad de observación censal para la captación, tratamiento y suministro de agua es el Organismo operador, el cual es una unidad económico-administrativa que opera los sistemas de extracción de agua y sus distribución, para prestar el servicio de

suministro de agua potable y, en algunos casos también funciones de alcantarillado y saneamiento de agua para su reutilización. Los organismos operadores de agua presentan diversas características en su estructura y conformación, y generalmente se encuentran adscritos al gobierno municipal representados en direcciones y comisiones de agua potable y saneamiento, o en sistemas descentralizados de agua, y que también operan como juntas locales y comités de usuarios de agua y, con menor frecuencia, como empresas concesionarias privadas (INEGI, 2011).

Por lo arriba descrito, para el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) el término de Organismo Operador incluye: direcciones y comisiones de agua potable y saneamiento, sistemas descentralizados de agua, juntas locales, comités de usuarios de agua, y empresas concesionarias privadas.

#### 9.2.4.1. Organismos operadores reportados en el 2007

En el Panorama censal de los organismos operadores de agua en México 2007, se reportan 2,366 organismos operadores, de los cuales 54.9% atendieron solo la cabecera municipal, 24.7% cabecera municipal y otras localidades, 15.3% a todo el municipio, y 5,1% toda la entidad federativa y otros.

#### 9.2.4.2. Organismos operadores reportados en el 2009

En los censos económicos 2009 se identificaron 2,517 organismos operadores durante el año de referencia censal (2008), y se localizaron en los ámbitos estatal, municipal y de localidades rurales; 44 del sector privado, y el resto del sector público. Por el tipo de cobertura, 1,302 organismos operadores de agua atendieron sólo en las zonas urbanas, y 1,215 en el área urbana como en área rural. En las cabeceras municipales se reportaron 1,141 organismos; en la cabecera municipal y otras localidades 682, y 439 atendieron los municipios completos. En la categoría de otros se encuentran 255 organismos que atendieron localidades rurales y toda una entidad federativa. De acuerdo con su categoría jurídica 2,244 correspondieron a la categoría de Industria, comercio y servicios del sector público (89.2%), 211 estuvieron organizados como asociación civil (8.4%), mientras que 62 operaron como sociedad mercantil, sociedad cooperativa o persona física (2.4%). (INEGI, 2011).

Según el mismo Panorama censal de los organismos operadores de agua en México, existen localidades rurales y municipios donde el trabajo comunitario no remunerado es importante para realizar la prestación de los servicios de agua. Los trabajadores no remunerados fueron muy representativos en los estados de Oaxaca con 2,121, Estado de México 515, Puebla 302, y los estados de Michoacán, Jalisco, Guerrero y Veracruz con 601 en conjunto.

### 9.2.4.3. Organismos operadores reportados en el 2014

Para el año 2014, de acuerdo con el censo económico 2014 realizado por el INEGI, en el año 2013 el suministro de agua en la república mexicana se realizó a través de 2,688 organismos operadores, de estos, 1,245 atendieron a cabeceras municipales, 892 organismos a cabeceras municipales y otras localidades, 350 atendieron a municipios completos (localidades urbanas y rurales) y 201 sólo a localidades rurales o a toda una entidad federativa (INEGI, 2016). Ver Figura 9.4.

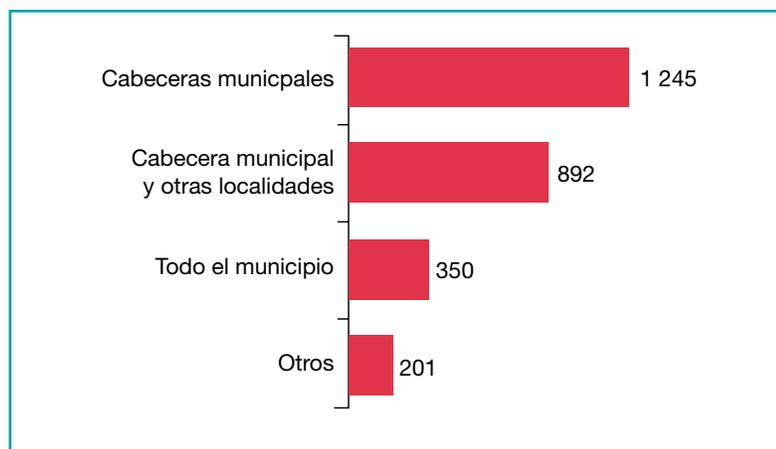


Figura 9.4. Organismos operadores de agua según cobertura geográfica en el año 2013 (INEGI, 2016).

## 9.3. Sistemas comunitarios en México y necesidades de consolidación

Los sistemas comunitarios han surgido para dar soluciones a la necesidad de acceso a servicios de agua potable y representan una participación importante en esta materia, por lo que conocer su forma de gestión, operación e integración es sumamente relevante. Hablar de sistemas comunitarios no es hablar de agua gratuita o de fácil acceso, es hablar de agua sustentable en donde la principal característica es el respeto al medio ambiente, al uso responsable de consumos máximos autorizados, en donde los miembros cubren sus pagos, sus gastos, y practican el máximo respeto a las sanciones que establecen las asambleas. Se pueden encontrar muchas carencias, sin embargo, también existen sistemas comunitarios muy avanzados, (por ejemplo: en el municipio de Cardonal, Hidalgo, ver apartado 9.4.1.1) con conocimiento y control de la calidad del agua que distribuyen, aunque no es la generalidad, lo que representa riesgos a la salud para la población a la que abastecen.

Los sistemas comunitarios enfrentan muchas complicaciones comenzando por el reconocimiento de la figura legal que les permita operar de manera óptima y acceder a recursos que actualmente

solo pueden lograr con la figura de organismo operador, es por ello que se desarrolla el presente capítulo que permitirá identificar las fortalezas, debilidades y necesidades para su consolidación.

Para mejorar la calidad de los servicios en las comunidades con cobertura, así como incidir en la ampliación a las zonas dispersas y de difícil acceso, los sistemas comunitarios requieren de apoyos para realizar inversiones en infraestructura, y luego con ingresos para su operación y mantenimiento, lo cual es complicado por diversas razones, como las que se explican a continuación.

En México como en el resto de Latinoamérica la gestión comunitaria es añeja, forma parte de la constitución hasta cierto punto natural en las comunidades rurales e incluso en las comunidades urbanas marginadas en donde las estructuras de gobierno no alcanzan a cubrir las necesidades, razón que obliga a los ciudadanos a organizarse de alguna manera “no formal” para gestión de bienes o servicios indispensables, aunque puede obedecer a otras causas como en los casos de San Pedro municipio de Huimilpan y el municipio de Pinal de Amoles en el estado de Querétaro en donde se rechaza la gestión estatal y municipal y se prefiere la gestión comunitaria.

En Latinoamérica y el Caribe, existen alrededor de 80,000 Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento (OCSAS), evidenciando que la gestión comunitaria es una alternativa para suministrar los servicios de agua y saneamiento principalmente en zonas rurales.

Pese a que históricamente existe esta forma de organización, legalmente no son figuras reconocidas en México, con excepción del estado de Chiapas. “se han creado más de 800 patronatos y en más de 100 de sus municipios se ha establecido un fondo comunitario para administrar las aportaciones financieras (OECD, 2013). Cabe resaltar que las comunidades rurales se incluyeron en la Ley de Aguas para el Estado de Chiapas (2000) pero las comunidades están sujetas a la gestión municipal para recibir apoyo municipal, estatal o federal.” (Silva Rodríguez De San Miguel, 2014). Adicionalmente en México no existen organizaciones que aglomeren a los sistemas individuales como sucede en otros países del Centro y Sudamérica, en donde se encuentran más avanzados conformando experiencias exitosas tales como la Confederación Latinoamericana de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento (CLOCSAS).

## 9.3.1. Organización y funcionamiento

### 9.3.1.1. Asociatividad

En la mayoría de los sistemas comunitarios la organización y toma de decisiones es a través de la creación de asambleas al interior de estos, en las cuales a través de procesos democráticos se aprueban tarifas, fechas de pago y acciones a realizar en caso de incumplimiento de alguno de los



miembros, situación que resulta favorable para todos los involucrados y que ha demostrado alta eficiencia. A nivel externo, la asociatividad ha desarrollado el intercambio de experiencias exitosas, el fortalecimiento de sistemas comunitarios, y en general evidencia los beneficios que tiene la congregación de agrupaciones similares, situación en la que se encuentran muy adelantados en América Latina y el Caribe y respecto a la cual México se ha rezagado.

La CLOCSAS, es una organización que nace en el II Encuentro Latinoamericano de Gestión Comunitaria del Agua, realizado en Cusco Perú, en septiembre del 2011, donde líderes de la gestión comunitaria del agua (GCA) de 14 países decidieron conformar la organización, con el fin de:

- Fortalecer los procesos de asociatividad en los países y en la región;
- Promover el intercambio de experiencias asociativas y;
- Visibilizar el trabajo de las OCSAS en LAC” (Clocsas.org, s.f.)

A nivel internacional la gestión comunitaria del agua no es homogénea, debido a que cada comunidad la ejecuta de una forma diferente acorde con su realidad, en México la situación nacional también suele ser muy diversa a lo largo y ancho del territorio, considerando la pluralidad y multiculturalidad que caracteriza a los mexicanos, aunado a las diferencias en disponibilidad y calidad del agua existentes en cada zona.

“En Chiapas han surgido patronatos para la gestión comunitaria del agua, con la finalidad de mejorar los servicios de agua potable y saneamiento en esa zona, con una participación de cada comunidad que se adapta a cada población de acuerdo a sus usos y costumbres. Los patronatos están regidos bajo su propia figura legal, protegida por el ayuntamiento, en cada población se crea un fondo comunitario para administrar las aportaciones financieras de los usuarios y de esta forma garantizar que se cubran los costos de operación y mantenimiento” (OECD, 2013).

### 9.3.1.2. Organización por asamblea

Los sistemas comunitarios se gestionan mayoritariamente por asamblea, que a su vez elige una junta directiva, la participación ciudadana es muy alta y los acuerdos son respetados por todos los miembros, los recursos financieros que emplean son provenientes de las recaudaciones por la prestación del servicio de agua y no cuentan con aportaciones regulares del gobierno, ni están reconocidos como usuarios o como organizaciones de agua en la legislación federal, estatal o municipal. Sin embargo, realizan gestión ante todo tipo de autoridad, para allegarse de apoyos que benefician a la comunidad.

### 9.3.1.3. Determinación de tarifas

En los sistemas comunitarios la determinación de tarifas suele realizarse de manera básica, ya que muchas veces no se consideran sueldos para los involucrados, es decir que todos aportan su tiempo sin recibir remuneración económica, únicamente se cubren gastos básicos como pueden ser, pagos de transporte, costo de trámites, pago de servicios tales como luz, mantenimientos y reparaciones, entre otros. Por lo tanto estos conceptos son en realidad los que determinan el importe de las tarifas.

En los sistemas más avanzados se establecen tarifas fijas mensuales, que usualmente son mucho mayores a las cobradas por los organismos operadores de agua, con la recaudación se cubren los gastos operacionales y se crean ahorros que permiten hacer frente a alguna contingencia como puede ser el pago de reparación de bombas, mantenimientos y otros gastos excepcionales. En algunos otros sistemas comunitarios el pago realizado (tarifa establecida) está en función del consumo de energía eléctrica cobrado por la Comisión Federal de Electricidad, mismo que se divide entre el total de miembros de manera igualitaria y en caso de requerirse algún gasto adicional extraordinario, se solicitan cuotas adicionales, mismas que se pagan por ocasión única.

### 9.3.1.4. Costos del servicio

Los costos de los sistemas comunitarios suelen ser más elevados que si se tratara de un organismo operador de agua formal, considerando el costo de producción definido como el costo promedio por metro cúbico de agua suministrado, en los organismos operadores establecidos se mueven volúmenes muy grandes lo que implica que el costo promedio de producción por metro cúbico es menor, al costo que implica dotar de agua a un sistema comunitario.

Por lo tanto, la tarifa que cubre un usuario de un sistema comunitario es mayor a la que cubre un usuarios de un organismo operador, ya que en el sistema comunitario el usuario absorbe toda la carga de la generación, operación y distribución de agua, mientras que en un organismo operador existen subsidios y/o apoyos a través de programas federales, estatales o municipales.

### 9.3.1.5. Tipos de cobro

Los sistemas comunitarios suelen ser organizaciones muy básicas, en donde el cobro se realiza de persona a persona, o bien mediante sistemas de perifoneo pero generalmente no se emiten recibos o requerimientos de pago, aunque existen sus excepciones y considerando las diferencias que pueden presentarse entre sistemas comunitarios, en algunos casos mucho menos frecuentes, el sistema de cobro se realiza a través de recibos de pago.

### 9.3.1.6. Pago de servicios

El pago de los servicios comúnmente es mediante el pago en efectivo, usualmente no se cuenta con la tecnología para realizar el cobro mediante tarjetas bancarias o sistemas electrónicos, sin embargo, en algunos casos se acepta el pago en especie, es decir a través de faenas mediante las cuales el pago se realiza con mano de obra, considerando que muchas veces los miembros de la organización no cuentan con recursos económicos, sin que ello sea una limitante para no aportar a la organización.

En los sistemas comunitarios de zonas rurales se ha identificado que existe la posibilidad de realizar pagos mediante medios electrónicos como puede ser pago por internet, con tarjeta bancaria ya sea crédito o débito, o mediante el depósito a un tercero con el papel de intermediario, estos pueden ser comisionistas o bien tener convenios firmados para la recaudación de pagos.

### 9.3.1.7. El papel de las mujeres en la gestión comunitaria

Históricamente en la división de tareas a la mujer se le asignó las labores de administración y cuidados del hogar, mientras que el hombre realizó tareas de caza, recolección, etc. En este sentido las labores desempeñadas por las mujeres han estado estrechamente ligadas a actividades como la limpieza, elaboración de alimentos, cuidado de los hijos, atención de los enfermos y otras, en donde un suministro indispensable es el agua.

Por todo lo anterior las mujeres son las que sufren diariamente y de forma más directa la carencia de agua, lo que ha obligado a que tomen un papel activo en la gestión comunitaria, a fin de satisfacer las necesidades en el hogar.

### 9.3.1.8. Efectividad de los sistemas comunitarios

Los sistemas comunitarios están siendo considerados por los gobiernos estatales y federal principalmente, para el desarrollo exitoso de programas sociales y económicos debido a las múltiples bondades que ofrece esta forma de organización, sobre todo considerando que se trata principalmente de pequeñas comunidades aisladas a las que otorgarles servicios básicos es muy caro por la amplia dispersión poblacional, entre los programas más aceptados se encuentran por ejemplo: los huertos y animales de traspatio o bien los relacionados con captación de agua de lluvia, el común denominador en estos programas es que la autoridad intervenga únicamente en la fase de implementación, pero la operación y mantenimiento corresponden a los miembros del sistema comunitario, lo que no permite que haya politización y que las decisiones son básicamente consensuadas. Otra bondad de este tipo de sistemas es que no están sujetos a los tiempos de



gobiernos, es decir la organización permanece aún después de cambios en el gobierno municipal, estatal o federal, y los dirigentes se eligen mediante sistemas de asambleas mediante voto directo, no obedecen a imposiciones o personas externas con el desconocimiento de las problemáticas que enfrenta la organización.

La elección directa favorece el compromiso de quien asume el cargo al frente del sistema comunitario comprometiéndose a realizar el trabajo en beneficio de los miembros, pero a su vez no deslinda responsabilidad a los miembros, ya que mediante este sistema se garantiza la participación activa y solidaria de la comunidad.

### 9.3.2. Complementación entre Organismos municipales y estatales, y Sistemas Comunitarios

“Los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, también conocidos como organismos operadores (OO), se encargan de operar, conservar y administrar y los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, con el objeto de dotar estos servicios a los habitantes de un municipio o de una entidad federativa. A estos organismos también se les puede conocer como: sistemas de agua, direcciones, comisiones, juntas locales, departamentos y/o comités de acuerdo a la estructura orgánica a la que pertenezcan”. (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, s.f.).

Un organismo operador puede atender comunidades urbanas o rurales, mismo caso que un sistema comunitario, las principales diferencias se encuentran en el reconocimiento jurídico y en la forma de organización, los OO frecuentemente renuevan su estructura directiva cada 3 años, conforme a los periodos oficiales del gobierno municipal al que brindan servicio, mientras que en los sistemas comunitarios los tiempos dependen según lo dicten sus estatutos o se defina en asamblea, en los OO es sumamente raro que se reelijan autoridades directivas, mientras que en los sistemas comunitarios ocurre frecuentemente si la administración ha sido satisfactoria.

Los organismos operadores son figuras reconocidas legalmente, lo que les permite tener acceso a programas gubernamentales, así como a transferencias de dinero por parte de autoridades municipales, estatales o federales, incluso se han desarrollado estrategias de apoyo específicas, por ejemplo el Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (PROSSAPYS), cuyo objetivo es incrementar la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento para los habitantes de las localidades de menos de 2,500 habitantes, el cual es un programa federalizado, y pese a que los sistemas comunitarios se desarrollan principalmente en este tipo de condiciones, acceder a apoyos les es muy complicado por la falta de un reconocimiento legal.



### 9.3.3. Otras consideraciones

Los sistemas comunitarios han demostrado ser altamente efectivos, siendo una de sus mayores fortalezas el sistema de elección democrático de sus dirigentes y la alta participación de las mujeres, sin embargo es indispensable que se reconozca su personalidad jurídica en la ley, que les permita robustecer su participación y sobre todo garantizar el acceso a programas y recursos gubernamentales sin perder la esencia que los ha colocado como una alternativa de solución a los problemas de agua en el país.

## 9.4. Mejores prácticas de gestión comunitaria

Existen varios modelos de gestión comunitaria del agua en México y América Latina; a continuación, se describen solamente algunos de ellos.

### 9.4.1. Casos nacionales

#### 9.4.1.1. Cardonal, Hidalgo

“En el municipio de Cardonal, Hidalgo, se hizo una comparación con el sistema comunitario y el público del ayuntamiento, y se concluyó que convenía más el primer sistema porque cubría todos sus costos y operaba de forma rápida por no estar sujeto a organizaciones burocráticas que retrasan la toma de decisiones” (Galindo, E., & Palerm, J., 2012).

Se ha observado que en los sistemas comunitarios existe una amplia integración y compromiso social, lo que se puede explicar debido a que en la mayoría de los casos no son grandes estructuras burocráticas o impuestas como parte de compromisos políticos, sino que son parte de la comunidad que conoce a fondo las carencias y necesidades y se identifica como parte del grupo.

#### 9.4.1.2. Caso Oaxaca

“Se sabe que el 17% de municipios (primordialmente concentrados en Oaxaca) de regiones indígenas realizan la gestión comunitaria del agua. Estas zonas se caracterizan por una baja densidad de población, elevadas tasas de pobreza y escaso financiamiento para la infraestructura hidráulica. En el Estado de Oaxaca, donde 53 % de la población habita en zonas rurales, el gobierno del Estado desarrolló un programa titulado “Cultura del Agua” en el cual participaron las comunidades de esta zona para mejorar los servicios de agua potable y saneamiento: realizaron actividades como

el diseño de planes de trabajo, la proporción de equipo y la publicación de boletines mensuales. Se han obtenido resultados favorables, y se destaca el papel clave de las mujeres" (OECD, 2013).

## 9.4.2. Casos latinoamericanos

### 9.4.2.1. Modelo Agua San Honduras

"Este modelo surgió a raíz de que los pobladores de Honduras sufrieron por años la carencia del acceso a un servicio de suministro de agua en cantidad y calidad. El modelo de gestión le permite al beneficiario ser propietario de su sistema y participar en la toma de decisiones. Actualmente, el suministro de agua abastece a 1,350 familias, 9,703 habitantes de la ciudad, que representa el 91% de la población comunitaria del Municipio de Jesús de Otoro; el 9% restante es abastecido por otras Juntas de Agua. Las dimensiones principales con las que cuenta son las siguientes: a) convenio, se da entre una junta de aguas comunitaria y el gobierno; b) contrato por servicios, una junta de agua proporciona los servicios a las comunidades; c) proveedores de servicios, que incluye a las organizaciones no gubernamentales, los centros de investigación y consultores privados; y d) servicios recibidos, que se integran por capacitación, administración, marco legal, asesoría ambiental e infraestructura necesaria. Todos estos elementos se interrelacionan con la finalidad de lograr una buena gestión del agua (COSUDE, 2003). Es un modelo muy completo porque incorpora diversas dependencias internacionales y nacionales para la gestión comunitaria del agua." (Silva Rodríguez De San Miguel, 2014).

### 9.4.2.2. Desarrollo Comunitario y Fortalecimiento Institucional. Bolivia

"El Fondo Nacional de Inversión Productiva y Social (2009) formuló un modelo de gestión comunitaria del agua que comprende tanto los aspectos regulados en Bolivia, como aquellos que sólo pertenecen al ámbito de la gestión como parte del Reglamento Operativo del Programa Agua para Pequeñas Comunidades. El modelo se funda en el ciclo de vida del proyecto sobre tres dimensiones: a) preinversión; b) postinversión, y c) postproyecto; además, retoma el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), incorporando los requerimientos propios de los procedimientos para la inversión de recursos públicos en Bolivia, y el enfoque en las etapas de financiamiento del proyecto. El modelo únicamente sirve de guía para la implementación de la gestión comunitaria del agua, mas no presenta suficientes elementos que permitan tener una gestión integral." (Silva Rodríguez De San Miguel, 2014).

### 9.4.2.3. Modelo PROPILAS. Perú

"Este modelo se formuló como una estrategia integral para mejorar la provisión de servicios de agua potable y saneamiento en áreas rurales, que se sustenta en las políticas públicas regionales



para las provincias de Perú. En el modelo, se plantean una serie de etapas a seguir para la implementación de un proyecto de gestión comunitaria del agua. La primera etapa es la identificación de un problema de gestión del agua en alguna comunidad por parte de un gobierno municipal, el cual da seguimiento a todas las fases necesarias. Además, se realiza un control periódico sobre la gestión de las comunidades una vez que ésta ópera. Las dimensiones principales del modelo son las siguientes: a) selección de comunidades; b) pre inversión; c) inversión, y d) pos ejecución (CARE, COSUDE, & Gobierno de Cajamarca, 2009)." (Silva Rodriguez De San Miguel, 2014).

El planteamiento general del modelo integra diferentes enfoques y estrategias (ver Figura 9.5), como parte de un proceso de mejora continua, entre los que se incluyen los siguientes aspectos (Gobierno Regional de Cajamarca, 2011):

- Principio de subsidiaridad, mediante la participación articulada de los diferentes niveles de gobierno, según sus funciones y competencias.
- La intersectorialidad de la gestión en agua y saneamiento, con la participación algunos sectores, entre los que destacan vivienda, construcción y saneamiento; salud; y educación.
- La participación ciudadana, mediante el empoderamiento de la ciudadanía en su rol fiscalizador para la transparencia y rendición de cuentas en los procesos de gestión.
- La equidad de género, al afirmar la corresponsabilidad de mujeres y varones en el cuidado de la salud y gestión de los servicios y contar con el reconocimiento de la sociedad.
- El cofinanciamiento en la ejecución de los proyectos con participación de la población objetivo, los Gobiernos Locales y regionales y el sector privado.
- El enfoque de sostenibilidad ambiental, procurando el cuidado de los recursos naturales y el uso eficiente de los mismos.
- El enfoque de derechos, garantizando el ejercicio de ciudadanía y el acceso de la población a servicios sostenibles.

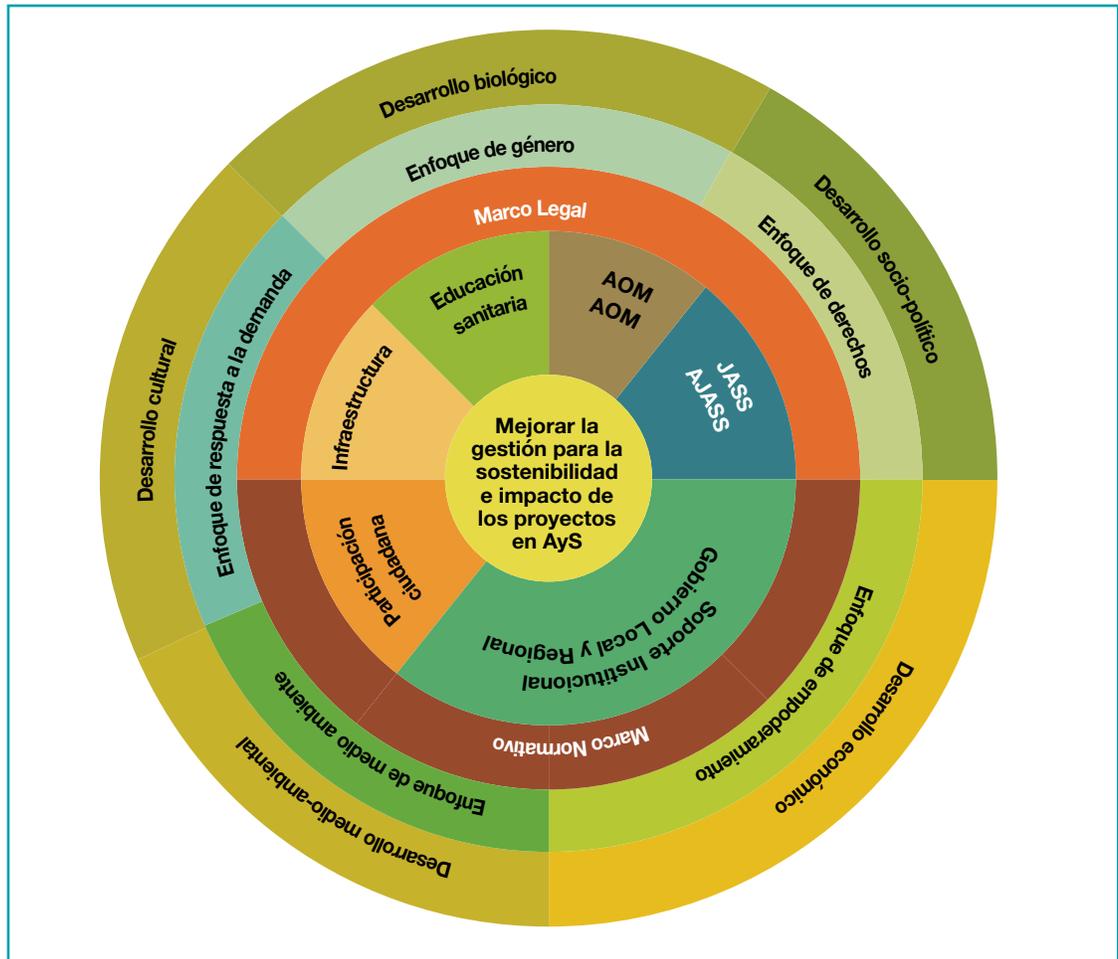


Figura 9.5. Modelo para la gestión de servicios de saneamiento básico en Perú. Fuente: Informe, Transferencia de Modelo de Gestión Sostenible en Agua y Saneamiento Rural en la Región Cajamarca.

#### 9.4.2.4. Modelo de Paraguay

“Es un modelo muy completo que cuenta con manuales para desempeñar cada actividad necesaria para tener una buena gestión comunitaria del agua (Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental, 2014), el gobierno de este país se coordina eficientemente con las instituciones encargadas de realizar este tipo de gestión. También es importante recalcar que es de los pocos modelos en Latinoamérica que operan con la formalidad de la normatividad reconocida por su gobierno. Las dimensiones principales del modelo son las siguientes: a) organización, la cual es considerada la parte medular para la coordinación con las áreas gestoras del modelo; b) planeación estratégica, que es un proceso mediante el cual una organización define su misión y las estrategias para alcanzarla; c) gestión administrativa, se lleva a cabo en dos actividades fundamentales: administración de

los recursos humanos y administración de los recursos materiales; d) gestión comercial, sirve para suministro de servicios a la comunidad; e) gestión contable y financiera: se refiere a la operación financiera de la Junta; f) información, para tener sistema de información adecuado, y g) operación y mantenimiento, es necesaria la operación del sistema y que exista un mantenimiento apropiado (Carrasco & Martínez, 2011)." (Silva Rodriguez De San Miguel, 2014).

#### 9.4.2.5. Modelo Aras. El Salvador

"Asociación Rural de Agua y Saneamiento (ARAS) como se le llama en la Asociación Nacional para la Defensa, Desarrollo y Distribución Ecológica del Agua a Nivel Rural (ANDAR), u Organización Comunitaria de Agua y Saneamiento (OCSAS) en el resto de Latinoamérica, es una agrupación de vecinos de una o varias comunidades conformando una asociación legítimamente constituida, con el fin de gobernar democráticamente y sin fines de lucro, un sistema de agua potable para el autoabastecimiento. Otras funciones que desempeñan son la protección de la subcuenca o micro cuenca donde se abastecen, y desarrollar el saneamiento básico rural necesario.

El tamaño medio de un sistema de agua potable o ARAS en la red ANDAR, es de 360 tomas, abasteciendo directamente a 2,160 personas y a 2,300 personas indirectamente; haciendo un total de 4,460 personas abastecidas. Territorialmente se tiene una media de 6 comunidades (cantones o caseríos) por sistema de agua.

Una ARAS se crea principalmente desde una pequeña organización de vecinos de una o más comunidades que carecen del servicio de agua potable, y que se imponen como objetivo, implementar en su comunidad o comunidades un sistema de agua potable. Luego involucran a toda la comunidad para solicitar al Estado o a la Comunidad internacional la posible construcción de un sistema de agua. Eligen democráticamente a una Junta Directiva inicial, que gestionará la donación y se constituirá en persona jurídica.

Tanto en la construcción del sistema, como en la operación y mantenimiento de la ARA, es la Junta Directiva quien gobierna el sistema, cuya vigencia es de 2 años y sus miembros trabajan completamente Ad-honorem.

En este proceso de constitución tanto del sistema de agua como de la personalidad jurídica, los vínculos entre los miembros interesados en estos dos componentes se estrechan mutuamente, ya que les proporciona una visión futura de desarrollo y autogestión a la ARA. Estos vínculos son muy estables, a tal grado que si en un futuro el sistema de agua colapsa por una deficiente administración, estos fundadores son los primeros en luchar para que el sistema permanezca funcionando.



Durante la construcción del sistema de agua potable, como con todas las actividades que conlleva, la comunidad y los líderes trabajan voluntariamente y ad-honorem. En la operación y mantenimiento del sistema, los miembros de la Junta Directiva no reciben ningún tipo de remuneración, lo único que reciben son pequeñas dietas cuando se reúnen para deliberar sobre la mejor implementación de la ARA.

Las Juntas Directivas también reciben capacitaciones constantes sobre administración, gobierno transparente, y eficacia del sistema de agua potable, así como también sobre el trabajo medio ambiental de su subcuenca y micro cuenca. Esto lo realizan específicamente por la conciencia social y medio ambiental que conllevan como directivos, ya que son los máximos responsables de suministrar agua con buena calidad y mantener su micro cuenca libre de degradación.

Dentro de las capacitaciones que se desarrollan se imparte un Eje Transversal fundamental, que es la participación de Género en las juntas directivas. Se establece como meta mínima que el 30% de las Juntas Directivas debe ser representado por las mujeres, aunque hay un sistema de agua potable dentro de la red ANDAR, cuya Junta Directiva y Operarias del sistema de agua son mujeres en su totalidad, y el sistema está eficientemente administrado.

La relación que los sistemas de agua potable tienen con el Estado es prácticamente nula, ya que desde el Estado no se les reconoce y no hay ningún presupuesto general de la nación que esté destinado a este rubro.

Debido a la desidia que el Estado tiene con las ARAS, la mayoría de las comunidades rechazan cualquier intervención estatal, tanto del gobierno central como de las municipalidades." (Asociación nacional para la defensa, desarrollo y distribución ecológica del agua a nivel rural).

Gracias a las Asociaciones Rurales de Agua y Saneamiento -ARAS-, un 32% de la población rural salvadoreña tiene actualmente garantizado el Derecho Humano al Agua y Saneamiento y con seguridad, en un futuro cercano, por ellas mismas tendrán garantizada el 100% de cobertura de agua en el área rural. (Asociación nacional para la defensa, desarrollo y distribución ecológica del agua a nivel rural).

## 9.5. Bibliografía

Aguilar Obregón, E. A. (2015). Genealogía del derecho humano al agua en México. **Impluvium-Publicación digital de la Red del agua UNAM-Número 4, Enero-Junio 2015, 6-11.**

Asociación nacional para la defensa, desarrollo y distribución ecológica del agua a nivel rural. (s.f). **Sistemas comunitarios hacia la autogestión y el desarrollo por el agua potable en EL SALVADOR.** Obtenido de [http://alianzaporelagua.org/documentos/Gestion\\_Comunitaria\\_Agua/El\\_Salvador.pdf](http://alianzaporelagua.org/documentos/Gestion_Comunitaria_Agua/El_Salvador.pdf)

CLOCSAS, Confederación Latinoamericana de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento. (2012). **La Asociatividad como estrategia en la gestión comunitaria del agua en Latinoamérica**. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/0BzH8cAXY8eWneGNwYlBiWX-VubFU/view>

Clocsas.org. (s.f.). **clocsas.org**. Obtenido de <http://clocsas.org/>

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS. (2012). **Reforma**. Diario Oficial de la Federación.

Domínguez Mares, M., & Arriaga Medina, J.A. (2015). Derecho humano al agua-Presentación. **Impluvium-Publicación digital de la Red del agua UNAM-Número 4, Enero-Junio 2015**, 2-3.

Durango, LXVII Legislatura. (19 de marzo de 2017). Ley de Agua para el Estado de Durango. **Ley de Agua para el Estado de Durango**. Durango, Durango, México: Periodico Oficial No. 19 de fecha 5 de marzo de 2017-Decreto 73.

Fondo para la comunicación y la Educación ambiental, A. (18 de Diciembre de 2012). Manejo comunitario del agua busca salir de limbo legal mexicano. **Agua.org.mx**. Obtenido de <https://agua.org.mx/manejo-comunitario-del-agua-busca-salir-de-limbo-legal-mexicano/>

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A. (s.f.). **https://agua.org.mx**. Obtenido de <https://agua.org.mx/organismos-operadores/>

Galindo, E., & Palerm, J. (2012). Toma de decisiones y situación financiera en pequeños sistemas de agua potable: dos casos de estudio en El Cardonal, Hidalgo, México. **Región y Sociedad**, 54.

Gobierno Regional de Cajamarca. (2011). **Transferencia de Modelo de Gestión Sostenible en Agua y Saneamiento Rural en la Región Cajamarca**. Lima, Perú: LEDEL S.A.C. Obtenido de <http://www.care.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/TRANSFERENCIA-DE-MODELO-DE-GESTION-SOSTENIBLE-EN-AGUA-Y-SANEAMIENTO-RURAL-EN-LA-REGION-CAJAMARCA2.pdf>

INEGI. (2010). **ITER\_22XLS10**. MÉXICO: INEGI.

INEGI. (2011). **Panorama censal de los organismos operadores de agua en México-Censos económicos 2009**. Aguascalientes, Ags.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2015). **Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos**. México: INEGI.

INEGI. (2015). **Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Querétaro**. México: INEGI.

INEGI. (2016). **Panorama censal de los organismos operadores de agua en México: Censos económicos 2014**. Aguascalientes: INEGI.

INEGI. (2016). **Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Zacatecas**. México: INEGI.

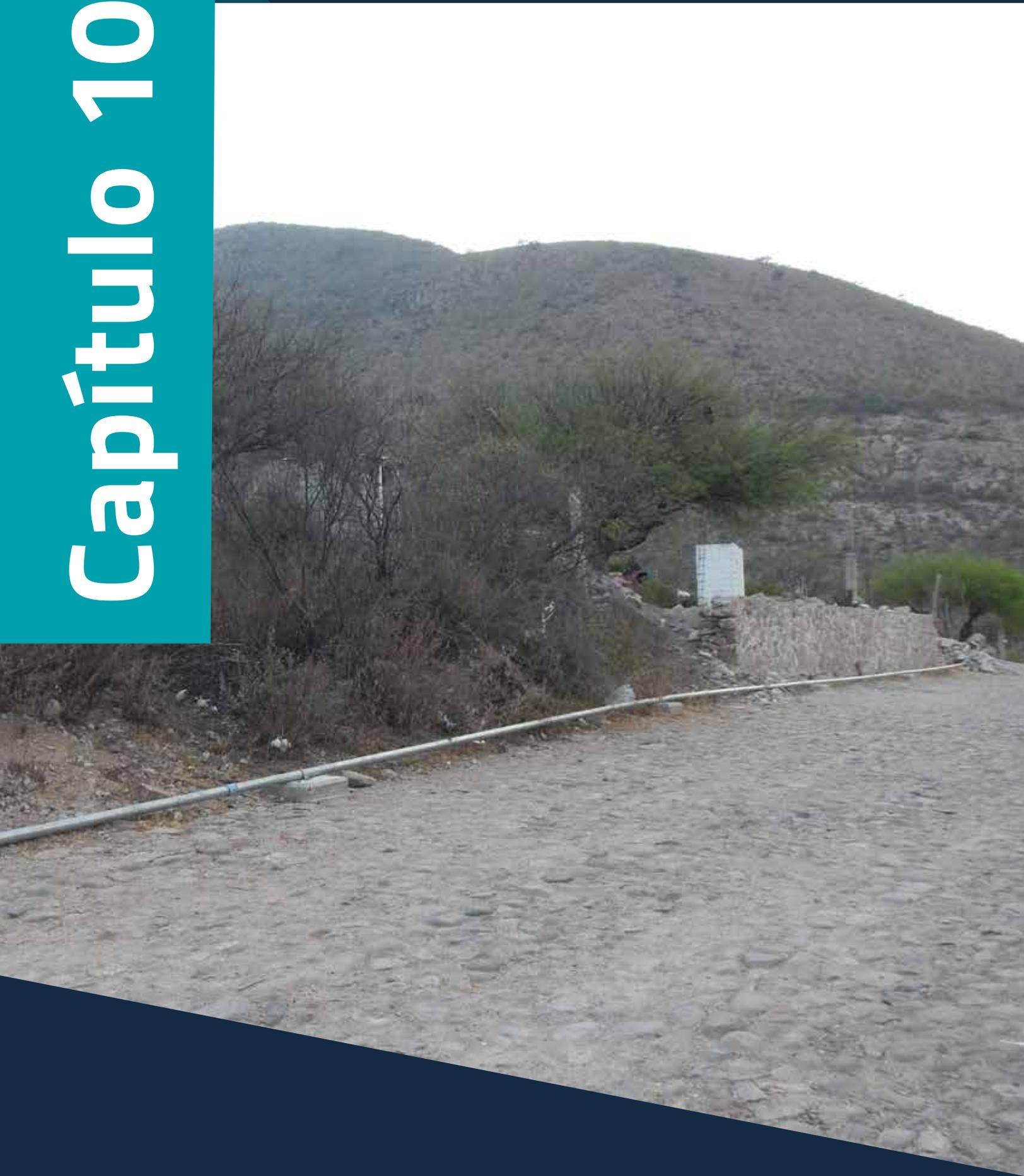
Mandujano, I. (25 de agosto de 2012). **Proceso**. Obtenido de Ciudades rurales sustentables, el fracaso de Sabines, Reportaje Especial: <http://www.proceso.com.mx/318070/ciudades-rurales-sustentables-fracaso-de-sabines>

Marín, R. (2011). **El acueducto comunitario óptimo. Condiciones para la gestión efectiva de los servicios de agua. El caso Costa Rica**. Alajuela, Costa Rica: Fundación Avina.

OECD. (2013). Making Water Reform Happen in Mexico. doi: 10.1787/9789264187894-en Ortega de Mi-

- guel, E. (2006). Modelos de participación ciudadana: algunas experiencias. . Obtenido de <http://www.revistapueblos.org/old/spip.php?article1042>
- ONU. (07 de Febrero de 2018). **AGUA**. Obtenido de Los desafíos del agua: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- ONU-Agua. (07 de febrero de 2018). **ONU-Decenio internacional para la acción “El agua fuente de vida” 2005-2015**. Obtenido de El derecho humano al agua y al saneamiento: [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human\\_right\\_to\\_waters.html](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/human_right_to_waters.html)
- Silva Rodriguez De San Miguel, J.A. (8 a 10 de 10 de 2014). Propuesta de un modelo de gestión comunitaria del agua en México. **XIX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática**, 7-9. Obtenido de <http://congreso.investiga.fca.unam.mx/docs/xix/docs/10.09.pdf>

# Capítulo 10



# TEMAS ESPECIALES RELACIONADOS CON LA EFICIENCIA COMERCIAL



Los registros de la demanda de agua y su variación durante el año, permiten a los organismos operadores planificar su producción y distribución a las diferentes zonas, así como en caso de déficit según balance con la oferta disponible, decidir sobre realizar inversiones en nuevas obras de captación y conducción, en recuperación de pérdidas de agua, o una combinación de ambas. La demanda incluye el volumen total que consumen los usuarios, registrados y no registrados, y el volumen que se pierde por fugas y por derrames en la infraestructura de abastecimiento. Las áreas a cargo en primera instancia, en el día a día, de la gestión oferta-demanda son el área comercial y el área operacional.

Por otra parte, la oferta disponible y sustentable, limitada en el caso de México, para atender las demandas, es afectada de alguna manera por sequías e inundaciones derivados del cambio climático, así como por las propias ineficiencias para incrementar la accesibilidad a servicios mejorados de agua y saneamiento, y para preservar la calidad del agua en las fuentes de abastecimiento y en los cuerpos de agua, incluyendo el caudal ecológico. La falta de recursos para operar plantas de tratamiento de aguas residuales contribuye en mucho a su contaminación. Otro factor es cómo se haga la administración de los recursos hídricos a nivel local, estatal, y nacional, que se explica más detalladamente en el apartado 20.3.3.4.1 (Índice mundial de gobernanza). El manejo de todas estas situaciones es lo que se denomina seguridad hídrica, que de no controlarse puede llevar a problemas sociales que terminen en estados fallidos.

Por lo anterior los temas de demandas, cambio climático y seguridad hídrica tienen que analizarse en la administración de los servicios de agua y saneamiento que prestan los organismos operadores, en especial las áreas de planeación, operacional y comercial.

## 10.1. Estudios de demandas

Conforme a Coelho (1995) la medición de consumos permite conocer la demanda de los diferentes tipos de usuarios, lo que proporciona parámetros realistas que son necesarios para la elaboración de proyectos de expansión. La investigación y el conocimiento del consumo de agua,

constituyen factores esenciales para la producción. Sin ese conocimiento, no puede haber un control efectivo de la producción, de la distribución y del consumo de agua y, consecuentemente, de la colecta, tratamiento y destino de las aguas servidas. Con la medición de consumos y la aplicación de un sistema tarifario adecuado se induce al usuario a reducir consumos y desperdicios, con lo cual se generan beneficios técnicos, financieros, sociales y económicos (Cohelho, 1995).

La demanda total de producción se integra por la demanda de los diferentes tipos de usuarios (domésticos, comerciales, industriales, públicos y otros) más la demanda de las fugas en tuberías y conexiones domiciliarias, principalmente. A manera de ejemplo, ver en la Figura 10.1 la producción en verano e invierno para satisfacer la demanda estacional en la ciudad de Hermosillo en el año 2004 (AguaHH-MAV, 2005). Se observa que en invierno se demandaron 990 L/s menos de producción que en invierno.

Captación	Producción Promedio Anual (2004)	Producción Verano	Producción Invierno
		(Junio 2004)	(Diciembre 2004)
<b>Gasto Medio Diario Extraído (l.p.s)</b>			
Total	2,261	2,769	1,779

Figura 10.1. Producción en verano e invierno en Hermosillo en 2005. Fuente (AguaHH-MAV, 2005).

Ver también en la Figura 10.2 la variación mensual de la producción y del porcentaje de fugas, observándose que al bajar la producción en invierno debido a la disminución de los consumos, los porcentajes de fugas se incrementan del 30% al 40% de la producción. El 30% de la producción de verano resultan ser 830 L/s, y el 40% de la producción en invierno 711 L/s (AguaHH-MAV, 2005). Esto implica que la demanda por fugas en invierno se redujo en 119 L/s, y que la reducción en consumos fue de 871 L/s. Las fugas son principalmente función de la presión de la red, de las características de las roturas o fallas que las provocan, del material de las tuberías, del tiempo o continuidad, y otros factores.

En otro ejemplo, en la Figura 10.3 se muestra una gráfica de balance de agua de un organismo operador, en la que se observa que debe captar y producir 35 Mm<sup>3</sup> anuales para satisfacer necesidades de agua por parte de los usuarios, registrados y no registrados, por 20.11 Mm<sup>3</sup>, debido a las pérdidas físicas por fugas conducciones y en redes. Por los usuarios no registrados y por otras pérdidas comerciales de facturación como sub medición y errores por cuota fija, de ese volumen consumido sólo se facturan 16.8 Mm<sup>3</sup>. Aún más, de ese volumen facturado sólo se hace la recaudación por 11.57 Mm<sup>3</sup>, ya sea que los pagos se hagan a destiempo o que no se hagan. Las mismas pérdidas comerciales de facturación y de recaudación estimulan los consumos desmedidos.

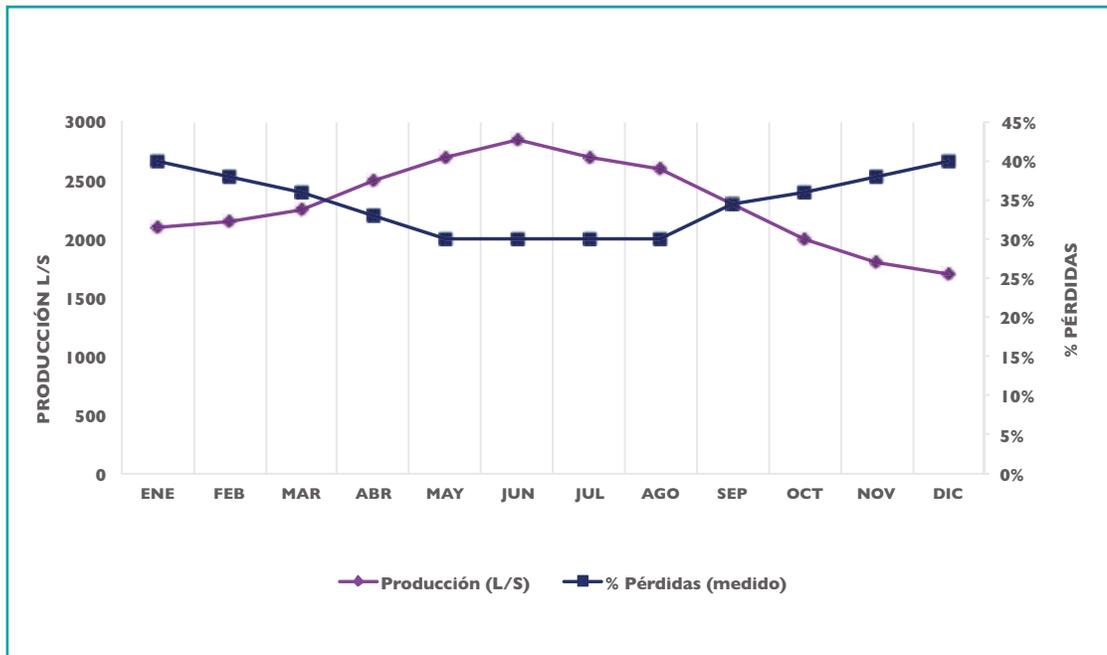


Figura 10.2. Variación mensual de producción y de fugas en Hermosillo en el año 2005. Pérdidas promedio 34.3%, en verano 30% y en invierno 41%. Fuente: (AguaHH-MAV, 2005).

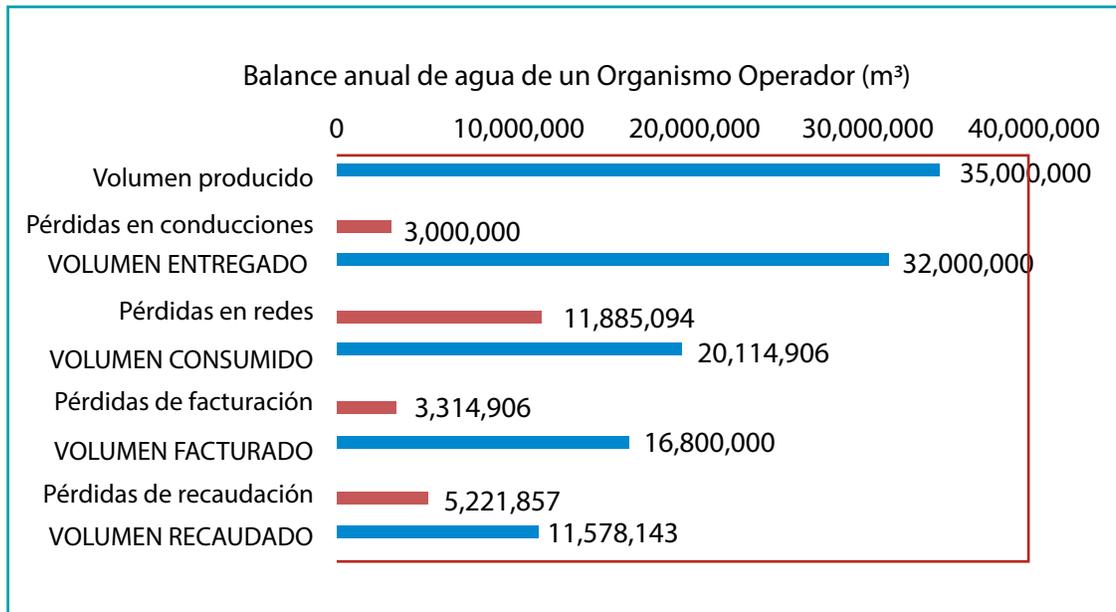


Figura 10.3. Gráfica de balance de agua de un organismo operador (ejemplo). Elaboración propia.

## 10.1.1. Gestión comercial y operacional de las demandas

### 10.1.1.1. Gestión comercial

En relación al ejemplo anterior, Figura 10.3, si se toman medidas sobre las pérdidas de recaudación y las pérdidas de facturación, de manera que todos los usuarios realicen sus pagos por el volumen medido que consumen mensualmente, con tarifas adecuadas que propicien el ahorro del agua, se puede tener como resultado que además de recuperar ingresos, se reduzca el volumen anual consumido, o bien que no se reduzca pero que se recuperen mayores ingresos.

Conforme a (Bartone, 2003) al cobrar al consumidor una tasa fija, tiene derecho a usar toda el agua que desee. Un cambio en esta tasa fija no va a causar que el usuario cambie sus hábitos de consumo ya que, desde su punto de vista, el precio unitario del agua no cambia, sin importar la tasa que se le cobre. Este método de cobrar conduce al desperdicio de agua. El consumidor no tiene incentivo para mantener en buen estado el sistema de distribución en su domicilio, a menos que el ruido del agua que gotea no lo deje dormir.

En un estudio de uso residencial de agua realizado en los Estados Unidos se compararon consumos de uso medido y de cuota fija, resultando un promedio total anual de 458 galones por día por vivienda para el primer caso y 690 para el segundo (1,733.53 L/toma/día y 2,611.65 L/toma/día), esto es 50.6% mayor el consumo de cuota fija que el medido. La componente que más influyó en los resultados fue el riego de jardines, como se muestra en la Tabla 10.1 (Linaweaver, et al, 1965).

Tabla 10.1. Comparación entre uso residencial medido y de cuota fija.

Desglose del consumo residencial	Promedio anual (gallones por día por vivienda)	
	Áreas medidas	Áreas de cuota fija
Fugas	25	35
Uso doméstico	247	236
Riego de jardines	186	420
Total	458	690

Fuente: (Linaweaver, et al, 1965).

Estos resultados son retomados por (Bartone, 2003), que además analiza otros estudios de Estados Unidos y Latinoamérica, en los que se obtiene el impacto en reducción de consumos al incrementar las coberturas de medición (ver Tabla 10.2). En cada ciudad o grupo de ciudades se indica su cobertura inicial (%), su cobertura final (%), la reducción de consumo obtenida (%), y su impacto (%), este último al dividir el % de reducción entre el incremento de cobertura (cobertura final menos cobertura inicial). El impacto promedio resultante es de 57%, que está dentro del orden del obtenido en el anterior estudio.

Tabla 10.2. Efectos de la instalación de medidores sobre el consumo de agua.

Lugar	Cobertura (%)		Reducción de consumo (%)	
	Inicial	Final		
Boulder, E.U.A	5	100	40	42
Philadelphia, E.U.A	73	100	11.5	43
Lima, Perú	44	100	30	54
Cali, Colombia	0	80.5	44	55
Bogotá, Colombia	7.4	68	54	89
San Isidro de P.Z., Costa Rica	0	80	50.5	63
Sao Paulo, Brasil	84	100	9	56
Uruguay, 1966, 22 ciudades	(30) <sup>b</sup>	(90) <sup>b</sup>	46	77
Uruguay, 1960, 28 ciudades	(0) <sup>c</sup>	(100) <sup>c</sup>	36	36
				Prom=57
b: La cobertura en las 22 ciudades varía desde 30 hasta 90%. b: En el trabajo original se suponía que la cobertura variaba de cero hasta 100% en todas las ciudades consideradas.				

Fuente: (Bartone, 2003).

### 10.1.1.2. Gestión operacional

Si hubiera reducción de consumos, que es lo más probable, al menos en los usuarios que eran no registrados y en aquellos que eran de cuota fija, y que consumían sin medida, si no se toman medidas en la operación de las redes, el volumen ahorrado en consumos se puede perder por fugas debido al aumento de presión que se origina por dicho ahorro.

Lo conveniente es realizar acciones paralelas de reducción y control de pérdidas, tanto comerciales como físicas, lo que finalmente puede llevar a bajar considerablemente los requerimientos de producción, es decir bajar las demandas anuales, o bien que con la misma se incremente la cobertura del servicio, o que se pospongan inversiones en nuevas obras de captación y conducción. Para situaciones de impactos por efectos de cambio climático, lo que se busca es bajar las demandas. Esto no sólo por sequías, sino también por inundaciones y otros fenómenos que afecten la producción y distribución del recurso.

### 10.1.1.3. Evaluación de la demanda por ajustes de tarifas

En aquellos usuarios, registrados y con consumos medidos, que sólo tuvieran ajuste de tarifas es diferente, y su respuesta está relacionada con el concepto de elasticidad precio-demanda, y también ingreso-demanda, que se analizan con detalle en el capítulo 8 de TARIFAS.

## 10.2. Cambio climático

Por su ubicación geográfica, México tiene una alta vulnerabilidad ante la incidencia de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, ya que son grandes las zonas afectadas por los impactos de ondas del este, huracanes, tormentas locales, frentes fríos, nortes, sequías, etc., ello debido a lluvias y vientos extremos, granizadas y heladas, oleaje, marea de tormenta, ocasionando pérdidas de vidas humanas y daños significativos en infraestructura, afectando diversos sectores socioeconómicos (IMTA, 2016).

Como se muestra en el apartado 20.3.3.1.2 referido a la sequía hidrológica, y en el apartado 20.3.3.3.2, referido a las inundaciones, los efectos del cambio climático manifestados en este tipo de eventos extremos, son sensibles en la mayor parte de México y del mundo. Tanto la sequía como las inundaciones y otros fenómenos hidrometeorológicos, tienen impactos en los servicios de agua y saneamiento, que afectan principalmente a sus sistemas operacional y comercial, y por tanto a la prestación de los servicios.

Dada la magnitud de los efectos del cambio climático en todo el mundo se están tomando acciones que permitan la adaptación. En México se publicó la Ley general de Cambio Climático, se creó el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), y se estableció el Programa Especial de Cambio Climático, PECC 2013-2018, entre otros, estando dentro de sus objetivos: "Reducir la vulnerabilidad de la población y sectores productivos e incrementar su resiliencia y la resistencia de la infraestructura estratégica y, conservar, restaurar y manejar sustentablemente los ecosistemas garantizando sus servicios ambientales para la adaptación y mitigación al cambio climático, todo ello a través del fortalecimiento de capacidades institucionales encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas y el reconocimiento de que la prevención tiene un costo menor a la atención del desastre" (IMTA, 2016).

### 10.2.1. Sequía

De acuerdo con (Gaucín, 2017) la sequía es uno de los fenómenos naturales más complejos que afecta a más personas en el mundo, y que aunque no existe una definición de sequía que sea universalmente aceptada, en general, es un fenómeno natural que se origina cuando la precipitación registrada en un periodo de tiempo y en una región determinada, es menor que la normal, y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas y los ecosistemas. Los tipos de sequía, según sus impactos, son: meteorológica, hidrológica, agrícola y socioeconómica. En México ha sido recurrente y persistente, siendo la más reciente la ocurrida durante los años 2011 y 2012, que por sus efectos negativos en los diversos sectores

socioeconómicos, ha sido considerada la más severa de los últimos 70 años. En México, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es la dependencia oficial encargada de proporcionar información meteorológica (estado del tiempo) y climatológica. Ver Figura 10.4 y Figura 10.5.

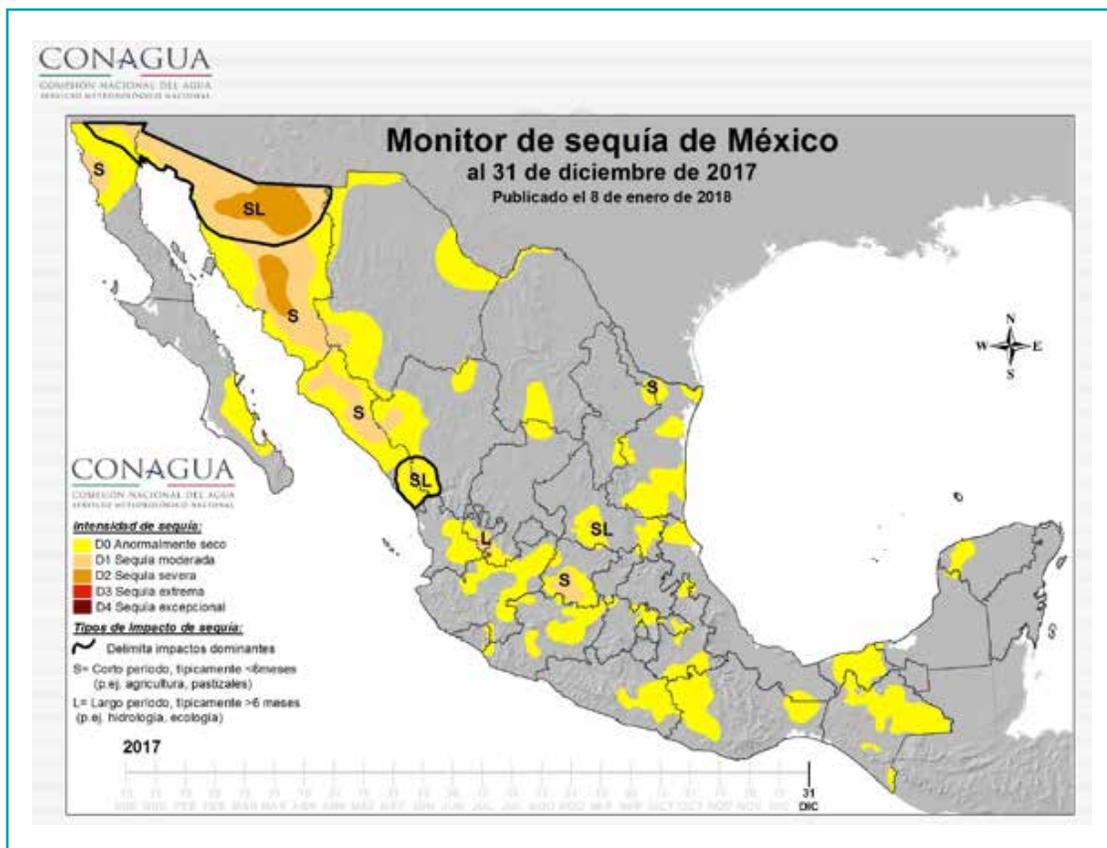


Figura 10.4. Monitor de sequía de México al 31 de diciembre de 2017. Fuente (SINA-CONAGUA, 2017).

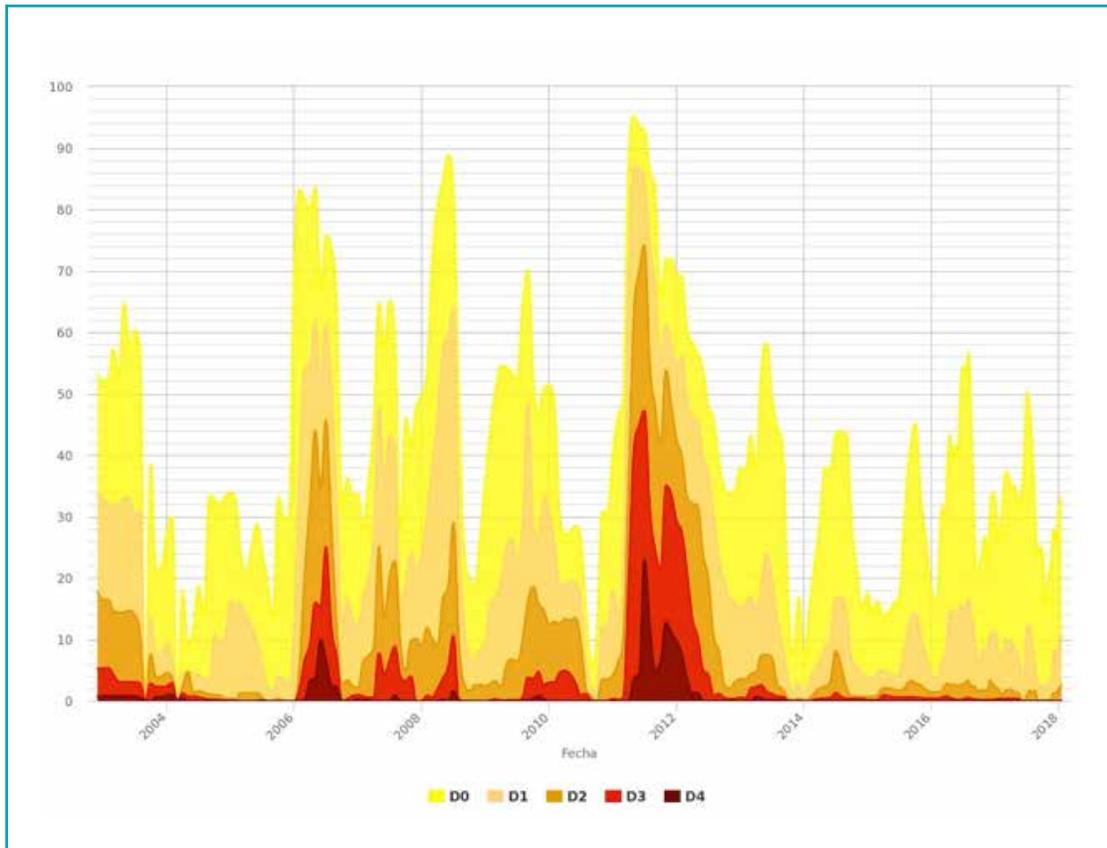


Figura 10.5. Monitor de sequía de México. Porcentaje de área afectada con sequía en México a partir del 2003. Fuente (SINA-CONAGUA, 2017)

## 10.2.2. Inundaciones

Las inundaciones son parte de los fenómenos hidrometeorológicos, que por un lado causan efectos dañinos en la población y en sus servicios, pero por otro traen consigo beneficios como el llenado de presas, recarga de acuíferos y otros. Al igual que en el caso de la sequía, en México el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dependiente de la Comisión Nacional del Agua, proporciona este tipo información, específicamente sobre ciclones tropicales, lluvias, inundaciones, bajas temperaturas, fuertes vientos, nevadas (heladas o granizadas). Ver en la Figura 10.6 mapa con declaratorias estos eventos por municipio en el periodo 2000-2016, como parte de las reglas de operación del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN), lo que implica el acceso a recursos para su atención.

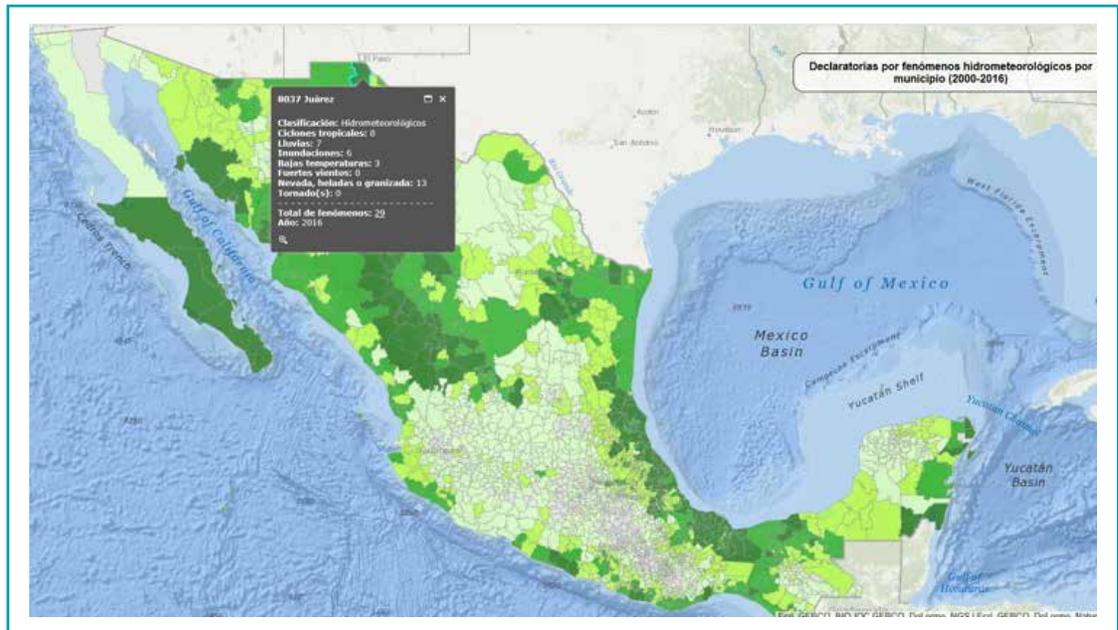


Figura 10.6. Declaratorias 2000-2016 por fenómenos hidrometeorológicos por municipio: ciclones tropicales, lluvias, inundaciones, bajas temperaturas, fuertes vientos, nevadas (heladas o granizadas). Verde más intenso de 18 a 46 declaratorias, verde siguiente 12 a 17, 7 a 11, 1 a 6, y sin color 0. En el municipio de Ciudad Juárez Chihuahua 29 declaratorias; por inundaciones: 6.

Fuente: (CONAGUA, 2017-3).

### 10.2.3. Medidas en sistemas de agua potable

Los diversos tipos de impacto en los sistemas de agua potable y saneamiento han sido documentados por diversas dependencias y organismos, principalmente aquellos participantes en la solución de los problemas causados, incluidos los propios organismos operadores. Para estos eventos y sus impactos, un organismo operador de agua eficiente tendrá mayores recursos y estará más preparado para enfrentarlos, y recuperarse más rápido de sus efectos, potenciando los apoyos de los diversos programas de atención a desastres naturales, para mantener o reactivar los servicios a la población.

Entonces están por un lado los apoyos externos de los diversos programas para atención de desastres naturales, y por otro el fortalecimiento de los propios organismos operadores de agua potable para prevenirse y recuperarse más rápidamente de sus impactos, principalmente a través de la mejora de sus eficiencias y su infraestructura, como coincide en señalar la literatura técnica, como la siguiente:

- En el libro 3 del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento “Establecimiento de medidas preventivas, de seguridad y diseño de obras de protección de la infraestruc-

tura de agua potable en situaciones de emergencia" (CONAGUA, 2018), se indica que los organismos operadores deben proporcionar el servicio de agua potable, incluso cuando ocurre un desastre natural, y que por tanto, la infraestructura y el personal se deben preparar para dar una pronta respuesta para la recuperación del servicio ante una situación de desastres naturales, o situación de emergencia. El libro incluye una serie de recomendaciones bastante detalladas para aplicar ante los diferentes tipos de eventos que pueden ocurrir, incluyendo sequías, inundaciones, e incluso sismos y otros. Se describen también los programas de apoyo para la prevención de desastres naturales; el Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) y sus reglas de operación, incluidas las declaratorias de desastre natural; el Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), El Centro Nacional para Prevención de Desastres (CENAPRED), e información relacionada.

- La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), proporciona una "Guía con estrategias de adaptación al cambio climático para sistemas de agua potable" (EPA, 2018), una "Guía Básica de resiliencia ante las inundaciones para sistemas de agua potable saneamiento," (EPA, 2018-2), y doce listas de verificación para ayudar con las actividades de preparación, respuesta y recuperación de emergencia, para los servicios públicos de agua potable y saneamiento (EPA, 2018-3). En el primer documento se incluye el apartado Gestión de la Demanda de Agua, en el que se indica que la gestión de la demanda engloba tanto la eficiencia del agua como prácticas de conservación, que pueden ocurrir del lado del suministro (eficiencia de entrega por parte del organismo de agua al cliente) como de la demanda (acciones del cliente para reducir la cantidad de agua usada en casas y comercios).
- La Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento A.C. y el IMTA desarrollaron la metodología "Evaluación de costos de adaptación al cambio climático en organismos operadores de agua" (Camacho, G. H., García, S. A. Bravo, P. H., 2016), la cual se divide en 1) el análisis de la vulnerabilidad, que permite evaluar la sensibilidad de los organismos operadores ante los impactos potenciales del cambio climático y su capacidad de adaptación basada en el incremento de la eficiencia física y comercial, y 2) el cálculo de costos, que utiliza la información obtenida en el análisis de vulnerabilidad para determinar las posibles opciones para adaptarse a los impactos que se consideran significativos y el costo que implica aumentar la capacidad de respuesta de un organismo operador.
- En la investigación "Ciudades y sequía en México- La gestión del agua como estrategia crítica de mitigación" (Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A., 2016) se indica que: 1) la sequía no tiene un efecto directo en los sistemas urbanos de agua sino que está mediada por la infraestructura y gestión del agua; 2) la mitigación del impacto de la sequía debe llevarse a cabo primordialmente por medio de la gestión adaptativa de la demanda de agua; 3) el principal obstáculo para que las ciudades efectúen una gestión adaptativa del agua es la falta de sistemas de información confiables. Asimismo se propone un modelo



para el análisis del impacto de la sequía en el que la gestión del agua es el elemento crítico y señala que el principal obstáculo para que los organismos de agua enfrenten y mitiguen la sequía es la carencia de un sistema de información y seguimiento de indicadores que permita dar seguimiento a las pérdidas de agua, medición de consumos y cobro efectivo del servicio. Se indica que el establecimiento de sistemas de información y el mejoramiento de estas áreas de oportunidad constituye el paso crítico hacia adelante para que los organismos emprendan de manera más efectiva y sustentable acciones que mitiguen los efectos de las sequías, lo que denominan gestión adaptativa del agua (Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A., 2016).

### 10.3. Seguridad hídrica

La **escasez** de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado, influyen negativamente en la seguridad alimentaria, las opciones de medios de subsistencia y las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo. La sequía afecta a algunos de los países más pobres, recrudece el hambre y la desnutrición. Para 2050, al menos una de cada cuatro personas probablemente viva en un país afectado por escasez crónica y reiterada de agua dulce (ONU, 2017).

Si la escasez, la mala calidad del agua y las inundaciones, se combinan con pobreza, tensiones sociales, degradación ambiental, ineficaz liderazgo y débiles instituciones políticas, pueden afectar la estabilidad de los países, y resultar en Estados fallidos. En algunos países estos problemas se intensifican por la fuerte dependencia del agua de ríos controlados por las naciones aguas arriba con problemas no resueltos de distribución (Assessment, 2012).

Los organismos operadores de agua potable están inmersos en la problemática arriba descrita. Requieren de disponibilidad de agua de buena calidad y de recursos económicos y financieros suficientes para prestar los servicios mejorados de agua potable y alcantarillado, y para sanear el agua residual recolectada, con buena calidad, ya sea para su disposición a la naturaleza o bien para su reúso. Todo esto junto o en competencia con los demás usos del agua. Principalmente el agrícola y pecuario.

En la Figura 10.7 se muestra un esquema del ciclo integral del agua, en este caso de uso público urbano, que según (Daza, 2008) consiste en cumplir el ciclo hidrológico tal como se da en la naturaleza, manteniendo la circulación del agua mediante su uso y devolución al medio en las mejores condiciones de calidad posibles, con el fin de que pueda seguir siendo utilizada.

En la Figura 10.7 se aprecia con claridad que en un primer nivel de evaluación lo que más interesa son los impactos de los servicios de agua y saneamiento en la población y los impactos de la explotación y la degradación de calidad del agua en la naturaleza, a través de indicadores estratégicos o de impacto. En un segundo nivel de evaluación, que generalmente está más documentado, se tiene el avance o cobertura de la infraestructura hidráulica, como número de plantas potabilizadoras, número de plantas de tratamiento de aguas residuales, kilómetros de líneas de conducción y de distribución, etcétera, mediante indicadores de gestión o de procesos.

Los recursos económicos son pues, fundamentales para que los organismos operadores de agua puedan seguir cumpliendo con su misión y funciones, por lo que el sistema comercial debe captar de manera cada vez más eficiente los ingresos por la prestación de los servicios. Pero todas las áreas de los organismos de agua deben trabajar en la problemática del agua, y de lo que significa la seguridad hídrica, así como de la planificación de acciones para alcanzar un nivel adecuado de esta seguridad. El sistema operacional en la eficiencia, hidráulica, física, y energética. **Esto implica que se debe medir de alguna manera la seguridad hídrica.**

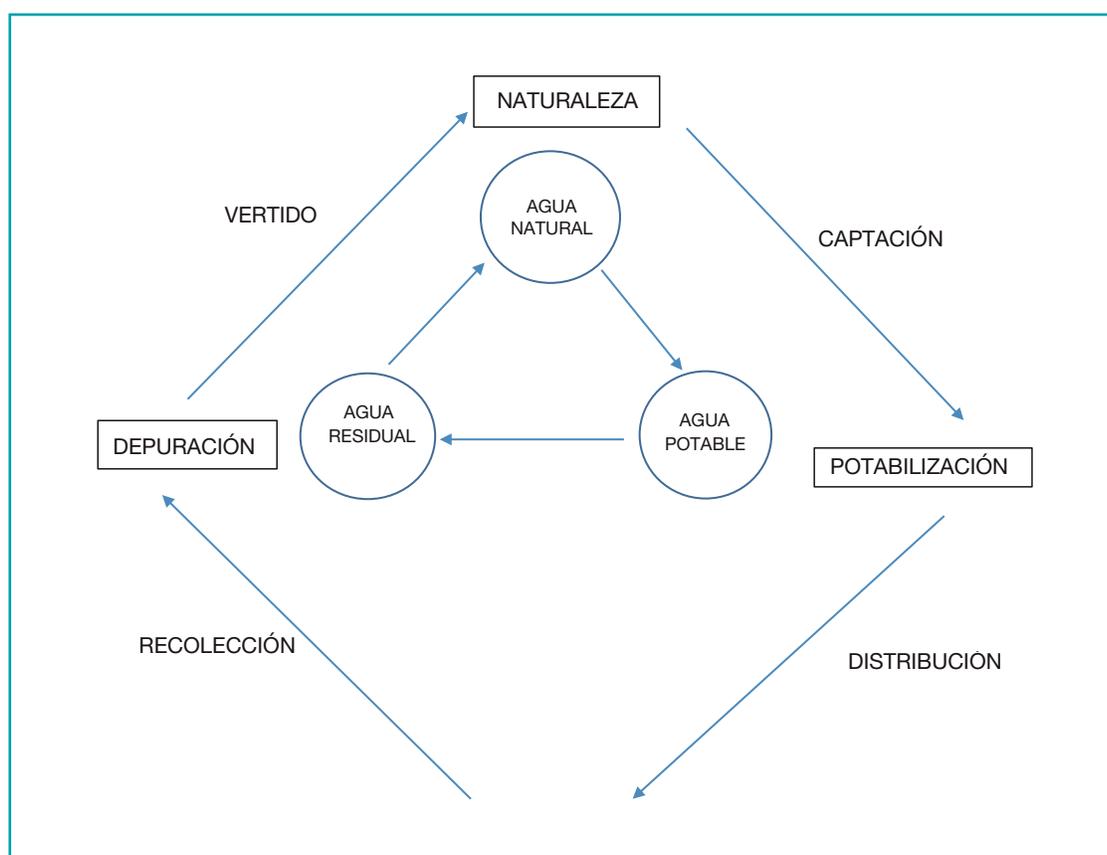


Figura 10.7. Ciclo integral del agua. Fuente (Daza, 2008)

### 10.3.1. Definiciones de seguridad hídrica

Existen diversas definiciones y criterios sobre seguridad hídrica. En (Animesh, K. G. et al, 2016), refiriendo a (Grey D. y Sadoff C., 2007) definen la seguridad hídrica como la disponibilidad de una aceptable cantidad y calidad de agua para la salud, medios de subsistencia, ecosistemas y producción, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua para la población, medio ambiente y economía. Alcanzar la seguridad hídrica, vital para el bienestar de la gente, agricultura, energía y otros sectores, es por tanto uno de los mayores retos del siglo XXI para la comunidad científica, sociedad y política.

Para Calow and Tucker (2013), con una definición muy parecida a la anterior, la seguridad Hídrica es la disponibilidad de una adecuada cantidad y calidad del agua para la salud, los medios de vida, los ecosistemas y la producción, y la capacidad de acceder a ella, junto con un nivel aceptable de riesgos para las personas y el ambiente, relacionados con el agua, y la capacidad para gestionar los mismos (Calow R., and Tucker J., 2013).

Por su parte Martínez A.P (2013) la define como aquella condición que asegura el abastecimiento sustentable de agua para todos los usos, en condiciones de equidad y a precios asequibles, para promover la salud, el desarrollo económico, la producción de alimentos y energía y la conservación del medio ambiente. Protege, con un riesgo aceptable, a la población y a los sistemas productivos contra los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos; mitiga sus efectos e incluye medidas de adaptación frente a los efectos del cambio climático (Martínez - Austria P., 2013).

### 10.3.2. Indicadores e índices para medir la seguridad Hídrica

De acuerdo a las definiciones arriba descritas, la seguridad hídrica involucra variables diversas, de modo que para medirla de manera conjunta se necesita de herramientas apropiadas como son los indicadores e índices.

Un indicador de desempeño es la expresión cuantitativa construida a partir de variables cuantitativas o cualitativas, que proporciona un medio sencillo y fiable para medir logros (cumplimiento de objetivos y metas establecidas), reflejar los cambios vinculados con las acciones del programa, monitorear y evaluar sus resultados (SHCP, 2017).

#### 10.3.2.1. Tipos de indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño se pueden dividir en indicadores estratégicos de desempeño e indicadores de desempeño de gestión. Los indicadores de gestión miden el avance y logro en



procesos y actividades, es decir, sobre la forma en que los bienes y/o servicios son generados o entregados. Incluye los indicadores de actividades y aquellos de componentes que entregan bienes y/o servicios para ser utilizados por otras instancias. (SHCP, 2017). Los indicadores estratégicos miden el grado de cumplimiento de los objetivos de las políticas públicas y de los programas presupuestarios (Pp). Contribuye a corregir o fortalecer las estrategias y la orientación de los recursos. Incluye a los indicadores de Fin, Propósito y aquellos de Componentes que consideran subsidios, bienes y/o servicios que impactan directamente a la población o área de enfoque (SHCP, 2017).

Es claro que el tipo de indicadores que se requieren para medir la seguridad hídrica son los indicadores estratégicos de desempeño, y así se puede ver en las alternativas existentes de la literatura técnica.

### 10.3.2.2. Población y áreas de enfoque

Se define a la población o área de enfoque como la población o área que presenta el problema, necesidad u oportunidad que justifica el programa y por ende se ha elegido o pudiera ser elegible para ser beneficiaria del mismo. Ejemplo de población “los niños menores de cinco años de edad que habitan en localidades rurales y que se encuentran en condiciones de pobreza alimentaria”, y un área de enfoque “los bosques naturales del país en condiciones de degradación” (SHCP, 2017).

Vinculando lo anterior con la seguridad hídrica, se distingue por ejemplo entre la población de enfoque a aquella sin servicio mejorado de agua potable y de saneamiento, y cómo áreas de enfoque a las aguas superficiales contaminadas, y las aguas subterráneas sobreexplotadas.

### 10.3.2.3. Indicadores compuestos o índices

Cuando se trabajan varios indicadores dentro de una misma relación, debido en este caso a las diversas variables que maneja la seguridad hídrica, resultan los indicadores compuestos o índices.

Los indicadores compuestos, que para fines de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) comparan el desempeño de los países, son útiles herramientas en el análisis de políticas y de comunicación pública. Estos indicadores proporcionan comparaciones simples de países, que pueden ser usados para ilustrar complejos y algunas veces evasivos problemas en amplios rangos de campos, como medio ambiente, economía, sociedad y desarrollo tecnológico. Con frecuencia parece ser más fácil para el público general interpretar indicadores compuestos que identificar tendencias comunes en muchos indicadores separados, y han probado ser útiles comparativas de desempeño de los países. Sin embargo los indicadores compuestos pueden enviar mensajes de políticas engañosas si son pobremente contruidos o malinterpretados (OECD, 2008).

### 10.3.2.4. Normalización de datos

Previo a la agregación de cualquier dato dentro de un indicador, en un conjunto de datos que con frecuencia tienen diferentes unidades de medición, estos deben normalizarse. La OECD considera nueve métodos de normalización, que se presentan en la Tabla 10.3 (OECD, 2008).

Dentro de los métodos más aplicados de normalización en los temas agua potable y seguridad hídrica están la estandarización, Min-Max, y el de escalas categóricas, como se verá más adelante.

Tabla 10.3. Métodos de normalización de indicadores. Fuente: (OECD, 2008).

Método	Ecuación
Clasificación (Ranking)	$l_{qc}^t = Rank(x_{qc}^t)$
Estandarización (o z-puntuación)	$l_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t - x_{qc-r}^t}{\sigma_{qc-r}^t}$
Min-Max	$l_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t - \min_c(x_q^{t0})}{\max_c(x_q^{t0}) - \min_c(x_q^{t0})}$
Distancia a un país de referencia	$l_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t}{x_{qc-r}^{t0}} \text{ o } l_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t - x_{qc-r}^0}{x_{qc-r}^0}$
Escalas categóricas	<p>Ejemplo:</p> $l_{qc}^t = \begin{cases} 0 & \text{si } x_{qc}^t < p^{15} \\ 20 & \text{si } p^{15} \leq x_{qc}^t < p^{25} \\ 40 & \text{si } p^{25} \leq x_{qc}^t < p^{65} \\ 60 & \text{si } p^{65} \leq x_{qc}^t < p^{85} \\ 80 & \text{si } p^{85} \leq x_{qc}^t < p^{95} \\ 100 & \text{si } P^{95} \leq x_{qc}^t \end{cases}$
Indicadores arriba o bajo de la media	$l_{qc}^t = \begin{cases} 1 & \text{si } w > (1 + p) \\ 0 & \text{si } (1 - p) \leq w \leq (1 + p) \\ -1 & \text{si } w \leq (1 - p) \end{cases}$ <p>Donde: <math>w = \frac{x_{qc}^t}{x_{qc-r}^{t0}}</math></p>
Indicadores cíclicos (OECD)	$I_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t}{E_t( x_{qc}^t - E_t(x_{qc}^t) )}$
Balance de opiniones (EC)	$I_{qc}^t = \frac{100}{N_e} \sum_e^{N_e} sgn_e(x_{qc}^t - xx_{qc}^{t-1})$
Porcentaje de diferencias anuales sobre años consecutivos	$I_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t - x_{qc}^{t-1}}{x_{qc}^t}$

$x_{qc}^t$  es el valor del indicador  $q$  para el país  $\bar{c}$  en un tiempo  $t$ . el país de referencia. El operador  $\text{sgn}$  proporciona el signo del argumento (es decir  $+1$  si el argumento es positivo,  $-1$  si el argumento es negativo).  $N_e$  es el número total de expertos encuestados.  $P^i$  es el percentil  $i$  de la distribución del indicador y  $p$  es el límite alrededor de la media.

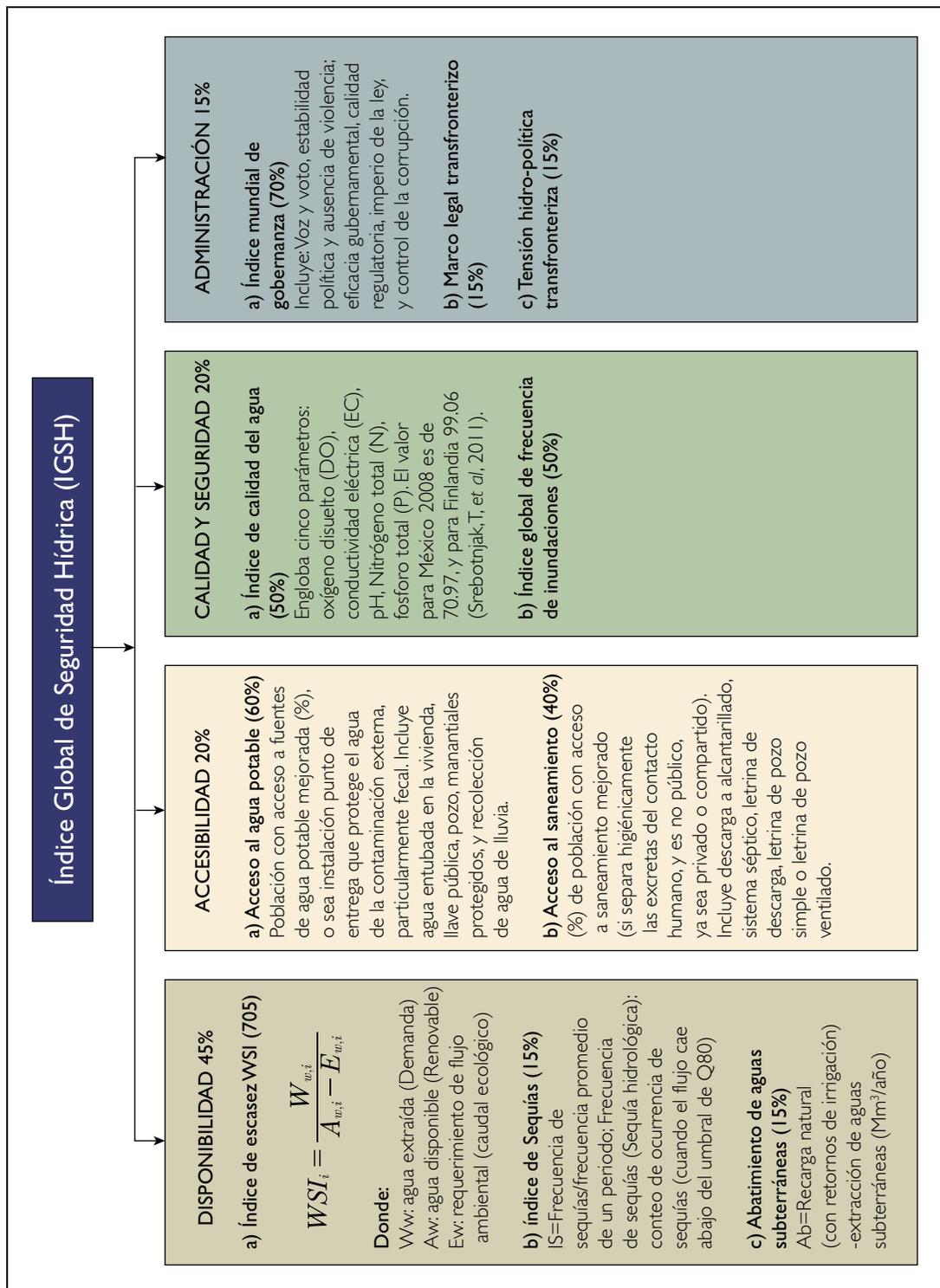
### 10.3.3. Índice Global de Seguridad Hídrica

Una de las propuestas de la literatura técnica internacional para medir la seguridad hídrica es El Índice Global de Seguridad Hídrica (Animesh, K. G. et al, 2016), que mide la seguridad hídrica según el objetivo 6 de los 17 objetivos globales para Desarrollo Sostenible establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU): "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos" (ONU, 2017).

Lo interesante de este índice es que los autores lo aplicaron a nivel mundial, de modo que se puede identificar el desempeño de cada país en seguridad hídrica, pero aún de cada región dentro de los países. Existe pues un benchmarking mundial de seguridad hídrica que facilita la cooperación internacional, ya que la medición es con el mismo índice y no con índices elaborados por cada país con diferente contenidos, y por tanto con diferentes significados, siendo por tanto no comparables. Al respecto, en el tema de balances de agua, (Lambert, 2002) establece que cualquier discusión sobre pérdidas debe ser precedida de una clara definición de los componentes del balance de agua, con una terminología común internacional.

En este índice se pueden identificar cuatro factores físicos y socioeconómicos interrelacionados de atención prioritaria, ponderados, que son la disponibilidad hídrica, la accesibilidad a los servicios de agua y saneamiento, la seguridad y calidad del agua, y su administración. Estos cuatro factores interrelacionados se integran a su vez por varios indicadores también ponderados, como se muestra en la Tabla 10.4, en la que se describen sus alcances. La metodología de aplicación del Índice Global de Seguridad Hídrica se describe en los apartados siguientes.

Tabla 10.4. Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH): Cuatro criterios y sus indicadores.



### 10.3.3.1. Disponibilidad

La disponibilidad hídrica se determina en función de los indicadores de escasez, de sequías, y de abatimiento de aguas subterráneas, con ponderaciones de 70%, 15%, y 15% respectivamente, y cuya determinación y normalización se describen en los siguientes apartados.

En su indicador de escasez está la oferta sustentable y la demanda sustentable, y en este último dato se incluye la demanda para los servicios de agua potable, y todos los demás usos (agropecuario, industrial y otros), y pudiera pensarse que en alguna medida se duplica con el indicador de servicio de agua potable del Factor de Accesibilidad a los Servicios Mejorados, sólo que la característica de mejorado lo hace diferente, además de que junto con el saneamiento, también mejorado, son la parte central del objetivo 6, e inciden directamente en la salud y bienestar de toda la población.

### 10.3.3.2. Índice de escasez

Se determina en función de la oferta sustentable o renovable, de la demanda ambiental que corresponde al gasto ecológico, y la demanda de la oferta, o sea la demanda de agua renovable para todos los usos, público urbano y rural, industrial, y agropecuario, y el ambiental ya está establecido. La metodología retoma el índice de escasez de agua azul (*WSI*) definido como la relación del total de agua extraída y del agua disponible, tomando en cuenta los requerimientos de flujo ambiental (Ecuación 10.1). El agua disponible incluye el agua subterránea renovable. La extracción incluye el agua superficial y el agua subterránea renovable que se usa en la agricultura, industria y en los hogares. Sin embargo, el uso de agua subterránea no renovable, es decir su sobreexplotación, no se incluye dentro del agua extraída, sino en un indicador separado (Animesh, K. G. et al, 2016).

$$WSI_i = \frac{W_{w,i}}{A_{w,i} - E_{w,i}} \quad \text{Ecuación 10.1}$$

Dónde:

- $W_w$  = Agua extraída (Demanda)
- $A_w$  = Agua disponible (Renovable)
- $E_w$  = Requerimiento de flujo ambiental (caudal ecológico)

En la anterior ecuación el caudal ecológico  $E_w$  se calcula como  $Q_{90}$ , es decir el flujo de escurrimiento mensual que es excedido 90% del tiempo, ya que aunque es mejor determinarla por el grado y naturaleza de su dependencia del flujo de escurrimiento, tal información es raramente observada directamente (Animesh, K. G. et al, 2016).

En su aplicación práctica el caudal ambiental se puede calcular como un % del agua disponible o renovable (%A<sub>w</sub>). Asimismo WSI sólo puede variar entre 0 y 100% del denominador, ya que el uso de agua subterránea no renovable no se incluye dentro del agua extraída sino en un indicador separado.

*Por lo explicado, cualquier resultado de la Ecuación 10.1 sólo puede estar entre 0 y 1, que es la escala requerida para su integración con otros indicadores. Es decir ya no requiere de la aplicación del algún método de normalización.*

### Índice de sequías

Corresponde a la sequía hidrológica, en función de su frecuencia y la frecuencia promedio de un periodo. Para estimar la sequía hidrológica la metodología del índice usa el flujo mensual percentil 80, Q80, es decir el flujo medio de escurrimiento mensual que es excedido el 80% del tiempo (Animesh, K. G. et al, 2016).

En su aplicación se puede usar el criterio en el cual se determina el porcentaje de municipios afectados por la sequía, o bien el porcentaje de área estatal afectada en un periodo de análisis, como se muestra en la Tabla 10.5 para el caso de las entidades de México con periodo de análisis del 2003 al 2017 (Gaucín, 2017).

Tabla 10.5. Opciones para índice de sequías por Estado. Fuente (Gaucín, 2017)

Entidad federativa	índice de sequías <sub>1</sub> (% municipios con sequía*)	Índice de sequía <sub>2</sub> (% de área con sequía-2003-2017)
Aguascalientes	0.1361	0.25
Baja California	0.4959	0.67
Baja California Sur	0.2398	0.40
Campeche	0.2493	0.50
Coahuila de Zaragoza	0.2782	0.45
Colima	0.1877	0.43
Chiapas	0.1802	0.39
Chihuahua	0.2607	0.48
Distrito Federal	0.1619	0.43
Durango	0.229	0.41
Guanajuato	0.1977	0.39
Guerrero	0.12	0.35
Hidalgo	0.0781	0.27

Tabla 10.5 Opciones para índice de sequías por Estado. Fuente (Gaucín, 2017) (Continuación)

Entidad federativa	índice de sequías <sub>1</sub> (% municipios con sequía*)	Índice de sequía <sub>2</sub> (% de área con sequía-2003-2017)
Jalisco	0.2315	0.44
México	0.1609	0.37
Michoacán	0.2651	0.50
Morelos	0.1272	0.33
Nayarit	0.2404	0.51
Nuevo León	0.1774	0.35
Oaxaca	0.0681	0.25
Puebla	0.1043	0.31
Querétaro	0.1049	0.28
Quintana Roo	0.2417	0.46
San Luis Potosí	0.1111	0.30
Sinaloa	0.2901	0.54
Sonora	0.3264	0.62
Tabasco	0.3189	0.49
Tamaulipas	0.1613	0.37
Tlaxcala	0.1443	0.33
Veracruz	0.1362	0.39
Yucatán	0.2139	0.47
Zacatecas	0.1714	0.32

Por lo que se ve en la Tabla 10.6 que cualquier resultado del indicador de sequía sólo puede estar entre 0 y 1, por lo que tampoco requiere normalización.

### Abatimiento de aguas subterráneas

Se determina en función de la recarga natural y los retornos de irrigación, y de la extracción anual de aguas subterráneas (para todos los usos), que si es mayor a la recarga natural más los retornos de irrigación, significa abatimiento. El abatimiento se calcula como la diferencia entre los valores de estas variables, o como su cociente.

En este caso el cociente de la extracción entre la recarga natural más los retornos de riego puede ser mayor a 1, por lo que requiere normalizarse.

El método de normalización aplicado a los valores de abatimiento, obtenidos del cociente de la extracción y la recarga, para ponerlos en escala de 0 a 1, es el Mín-Max como se muestra en la Ecuación 10.2. (OECD, 2008):

$$I_{qc}^t = \frac{x_{qc}^t - \min_c(x_q^{t_0})}{\max_c(x_q^{t_0}) - \min_c(x_q^{t_0})}$$

Ecuación 10.2

Dónde:

$I_{qc}^t$  = Valor normalizado de un indicador individual q para un país (estado) c en un tiempo t.

$x_{qc}^t$  = Valor crudo del indicador individual q para el país (estado) c en tiempo t, con  $q=1, \dots, Q$  y  $c=1, \dots, M$ .

### *Cálculo de disponibilidad*

Los indicadores de escasez, sequía y abatimiento, tienen carácter negativo, mientras que el concepto de disponibilidad tiene carácter positivo, por lo que la agregación se puede realizar con la siguiente fórmula.

$$I_{Disp} = 1 - ((0.7E) + (0.15S) + (0.15D))$$

### *Accesibilidad*

La accesibilidad se determina como la suma del 60% de la cobertura de agua potable y el 40% de la cobertura de alcantarillado (Animesh, K. G. et al, 2016). Ver Ecuación 10.3.

$$I_{Acce} = (0.6agua) + (0.4saneam)$$

Ecuación 10.3

*Por tratarse coberturas en porcentaje, los resultados se pueden considerar entre 0 y 1. No se requiere de alguna otra consideración de normalización.*

### *Cobertura de servicios mejorados de agua potable*

Población con acceso a fuentes de agua potable mejorada (%), o sea instalación punto de entrega que protege el agua de la contaminación externa, particularmente fecal. Incluye agua entubada en la vivienda, llave pública, pozo, manantiales protegidos, y recolección de agua de lluvia.

### *Cobertura de servicios mejorados de saneamiento*

Población con acceso a saneamiento mejorado (%), si separa higiénicamente las excretas del contacto humano, y es no público, ya sea privado o compartido. Incluye descarga a alcantarillado, sistema séptico, letrina de descarga, letrina de pozo simple o letrina de pozo ventilado.

### 10.3.3.3. Calidad y seguridad

#### *Índice de calidad del agua*

De acuerdo con la metodología (Animesh, K. G. et al, 2016) y sus referencias (Srebotnjak, T. et al, 2011), a partir de consultas con expertos y de la disponibilidad de datos en la UNEP GEMS/Water (United Nation's Environment Programme's Global Environment Monitoring System for Water), los parámetros de calidad del agua son los cinco siguientes:

- Oxígeno disuelto (DO) en [mg/L]
- Conductividad eléctrica [Micro Siemens/cm]
- pH [Adimensional]
- fosforo total (P) [mg/L]
- nitrógeno total (N) [mg/L]

En relación a esos parámetros, el Programa UNEP GEMS/Water está en una posición única para monitorear el estado de la calidad del agua tierra adentro así como mantener la única base global de datos de calidad del agua, GEMStat, con más de dos millones de entradas para lagos, ríos, y sistemas de aguas subterráneas, mediante cerca de 3,200 estaciones de monitoreo en poco más de 100 países. Ver en la Tabla 10.6 el resumen y argumentos para la selección de los cinco parámetros, como base de monitoreo de la calidad del agua (Srebotnjak, T. et al, 2011).

Tabla 10.6. Resumen de parámetros (WATQI), su razonamiento para la inclusión, y sus limitaciones en caracterizar la calidad del agua a nivel global. Fuente (Srebotnjak, T. et al, 2011).

Parámetro	Código	Unidad	Vínculo a vitalidad ecológica	Limitantes
Oxígeno Disuelto	OD	mg de O <sub>2</sub> /L	Mide la saturación de oxígeno del cuerpo de agua y su capacidad para sostener la vida acuática aeróbica y su idoneidad para agua potable; bajo OD incrementa la conversión de nitratos a nitritos y sulfatos a sulfuros.	Es influenciado por la temperatura del agua (el agua fría puede contener más oxígeno); OD óptimo depende de las especies y el uso previsto del agua; la saturación además amenaza la vida acuática.
Conductividad eléctrica	EC	Micro Siemens /cm	Mide la cantidad total de iones disueltos en el agua y es un proxy por la contaminación antropogénica, idoneidad para agua potable; además está ligada a la composición y diversidad de especies	Es influenciada por la geología, clima evaporación, dimensión del depósito de agua relativo al tamaño del cuerpo de agua, y metabolismo bacterial en el cuerpo de agua.
pH	pH	Sin dimensión	Mide la acidez o alcalinidad de los cuerpos de agua y afecta la respiración y desarrollo de la vida acuática también como la biodisponibilidad de metales solubles	Influenciado por la geología.

Tabla 10.6 Resumen de parámetros (WATQ I), su razonamiento para la inclusión, y sus limitaciones en caracterizar la calidad del agua a nivel global. Fuente (Srebotnjak, T. et al, 2011). (Continuación)

Parámetro	Código	Unidad	Vínculo a vitalidad ecológica	Limitantes
Fósforo total	P	mg/L	Nutriente y factor limitante para el crecimiento de algas, y por tanto indicador de riesgo de eutrofización; vinculado a cambios en composición de las especies	Influenciado por la geología.
Nitrógeno total	N	mg/L	Compuesto de nitrógeno inorgánico y orgánico disuelto y particulado e indicador de riesgo eutrofización; vinculado a cambios en composición de las especies.	Elemento de origen natural influenciado por bacterias, fitoplancton, y la descomposición de la materia acuática.

En este caso las unidades de los cinco parámetros son diferentes, por lo que se requiere aplicar algún método de normalización. Una vez normalizados, se les considera igual peso, por lo que los resultados se suman y se dividen entre cinco para obtener un índice global de calidad con rango de 0 a 100.

La transformación de los resultados de los cinco parámetros a una escala común, se hace de manera diferente en cada caso, mediante el método de escalas categóricas. Para el caso del pH los datos crudos se convierten a una escala de proximidad a valores objetivo, mediante la Ecuación 10.4 en la que PTT (Proximity To Target) indica el valor de estación, de proximidad al objetivo; los subíndices  $i$  y  $j$  denotan el país o estado y estación respectivamente, y max o min el máximo o mínimo observado (winsorized- tratamiento estadístico sobre valores extremos y espurios) para el país (estado)  $i$  y estación  $j$ . El valor objetivo de un parámetro se denota por  $t$ . (Srebotnjak, T. et al, 2011).

$$PH_{i,j}^{PTT} = \begin{cases} 100, t_1^{PH} \leq PH_{i,j} \leq t_2^{PH} \\ 100 - 100x \frac{t_1^{PH} - PH_{i,j}}{t_1^{PH} - PH_{\min}^{PH}}, PH_{i,j} < t_1^{PH} \\ 100 - 100x \frac{PH_{i,j} - t_2^{PH}}{PH_{\max}^{PH} - t_2^{PH}}, PH_{i,j} > t_2^{PH} \end{cases} \quad \text{Ecuación 10.4}$$

### Índice de inundaciones (seguridad)

Este índice es la frecuencia, local, municipal, estatal o nacional, de inundaciones en un periodo dado. Por ejemplo en México se tiene disponible información de declaratorias por fenómenos hidrometeorológicos por municipio en el periodo 2000-20016, que publica la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2017-3).

Los resultados requieren la aplicación de un método de normalización. Siguiendo el mismo criterio de calidad del agua (Srebotnjak, T. et al, 2011), la normalización se realiza conforme a la Ecuación 10.2.

### *Cálculo del Índice de calidad y seguridad*

Los pesos de los indicadores de calidad y seguridad son 50% y 50% respectivamente, por lo que la agregación se realiza con la Ecuación 10.5

$$I_{cs} = (0.5C) + (0.5S) \quad \text{Ecuación 10.5}$$

### **10.3.3.4. Administración**

El índice de administración se integra por el Índice mundial de gobernanza con un peso de 70%, Marco legal transfronterizo (15%), y Tensión hidro-política transfronteriza (15%). Este índice de administración afecta a los otros tres criterios del Índice Global de Seguridad Hídrica (disponibilidad, accesibilidad, y calidad y seguridad), principalmente el índice mundial de gobernanza, que se aplica a nivel país, y que evalúa: Voz y voto, estabilidad política y ausencia de violencia, eficacia gubernamental, calidad regulatoria, estado de derecho, y control de la corrupción.

#### *Índice mundial de gobernanza*

Dentro del índice mundial de gobernanza (The Worldwide Governance Indicators, 2017 Update), se establece que “la gobernanza consiste en las tradiciones e instituciones por las cuales se ejerce la autoridad en un país. Esto incluye el proceso por el cual los gobiernos son seleccionados, monitoreados y reemplazados; la capacidad del gobierno para formular e implementar efectivamente políticas sólidas; y el respeto de los ciudadanos y el estado por las instituciones que gobiernan las interacciones económicas y sociales entre ellos” (Kaufmann, D. y Kraay A., 2017).

En la Figura 10.8 se muestra la variación de los seis indicadores del índice mundial de gobernanza para México, en rango percentil de 0 a 100, del 2005 al 2015 (Kaufmann, D. y Kraay A., 2017). Se observa que tanto la eficacia gubernamental como la calidad regulatoria crecieron ligeramente, pero los otros cuatro indicadores, voz y voto, estabilidad política y no violencia, estado de derecho, y control de la corrupción siguieron empeorando.

*El índice mundial de gobernanza (IMG) se obtiene del promedio de los 6 indicadores, los cuales se pueden considerar con valores entre 0 y 1, por lo que no se requiere normalizarlos.*

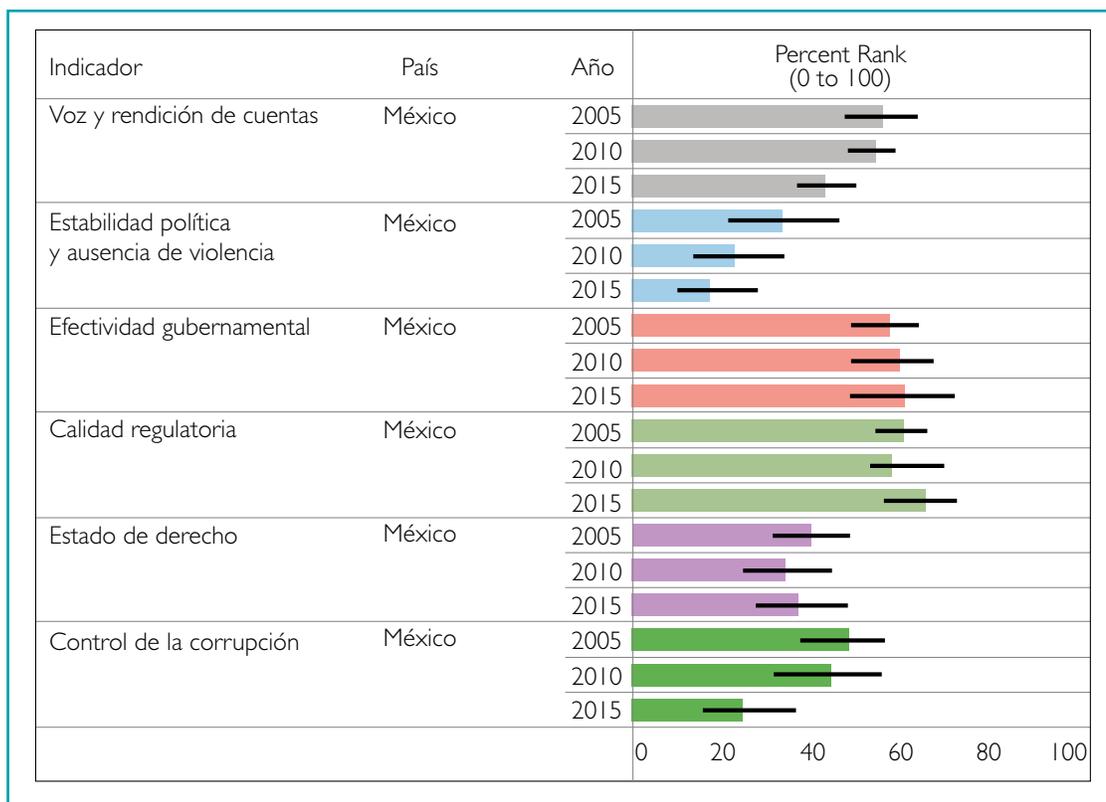


Figura 10.8. Índice mundial de gobernanza 2005-2015 para México. Fuente: (Kaufmann, D. y Kraay A., 2017)

### Marco legal transfronterizo

El Programa ambiental de la ONU proporciona información sobre los tratados cuencas transfronterizas y su estatus, a nivel mundial (Transboundary River Basins: Status and Trends. United Nations Environment Programme) (UNEP, 2016). En la Figura 10.9 se muestra un mapa que mediante colores indica el rango de tratados por cuencas transfronterizas, y los niveles de riesgo asociados, incluidas las cuencas transfronterizas norte y sur de México. Como se observa en la Figura 10.9, el rango de tratados puede variar de 6.8- 7 con los riesgos relativos más bajos, a 0.019 con los riesgos más altos de conflicto entre países.

Siendo el mayor puntaje 7, asociado al menor riesgo, los valores se normalizan dividiendo entre este número.

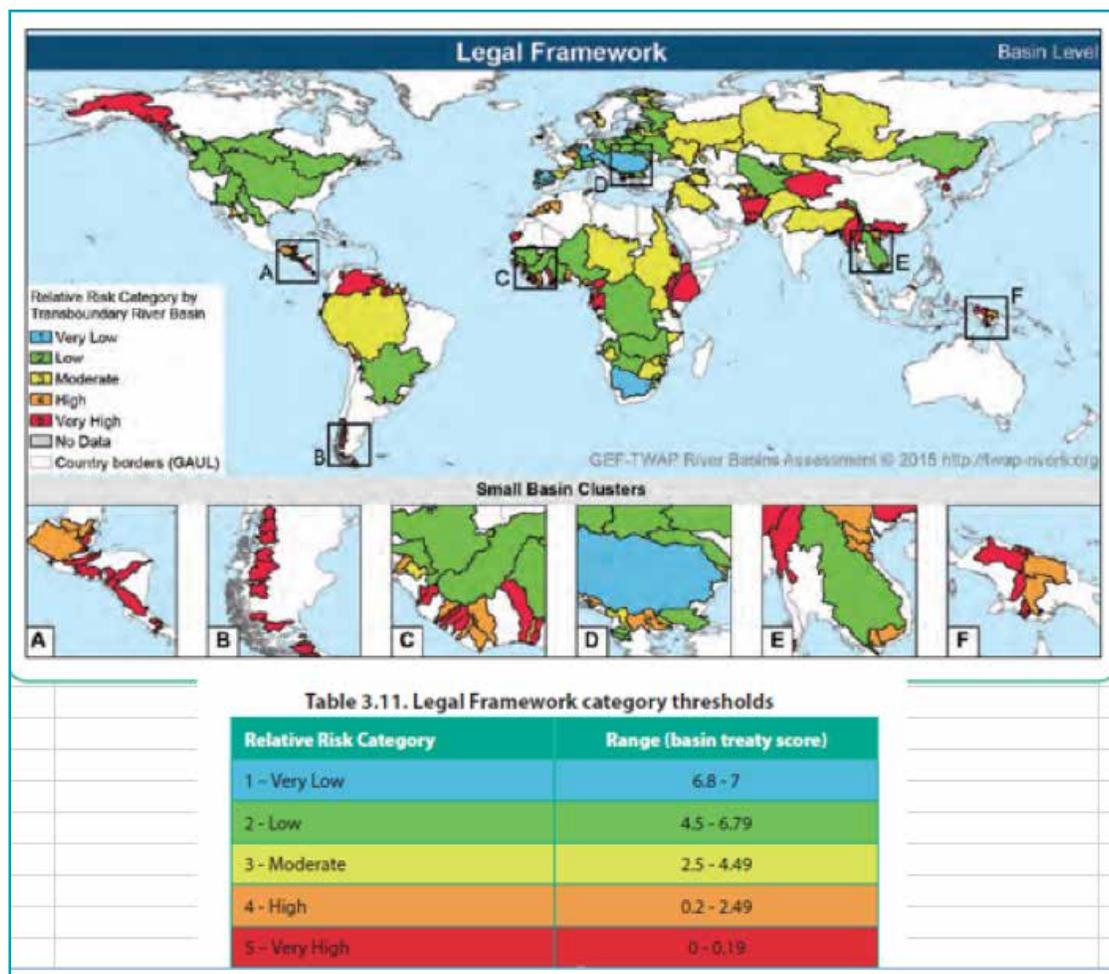


Figura 10.9. Marco legal por cuencas transfronterizas. Puntaje de tratados por cuenca y categoría de riesgos. Fuente: (UNEP, 2016).

### *Tensión hidropolítica transfronteriza*

De manera similar a la anterior, en la Figura 10.10 se muestra un mapa que mediante colores indica el nivel de tensión en cuencas transfronterizas, y los niveles de riesgo asociados. En este caso el mayor puntaje de 5 está asociado al mayor riesgo.

Los valores se normalizan mediante la ecuación indicada en la gráfica de la Figura 10.11.

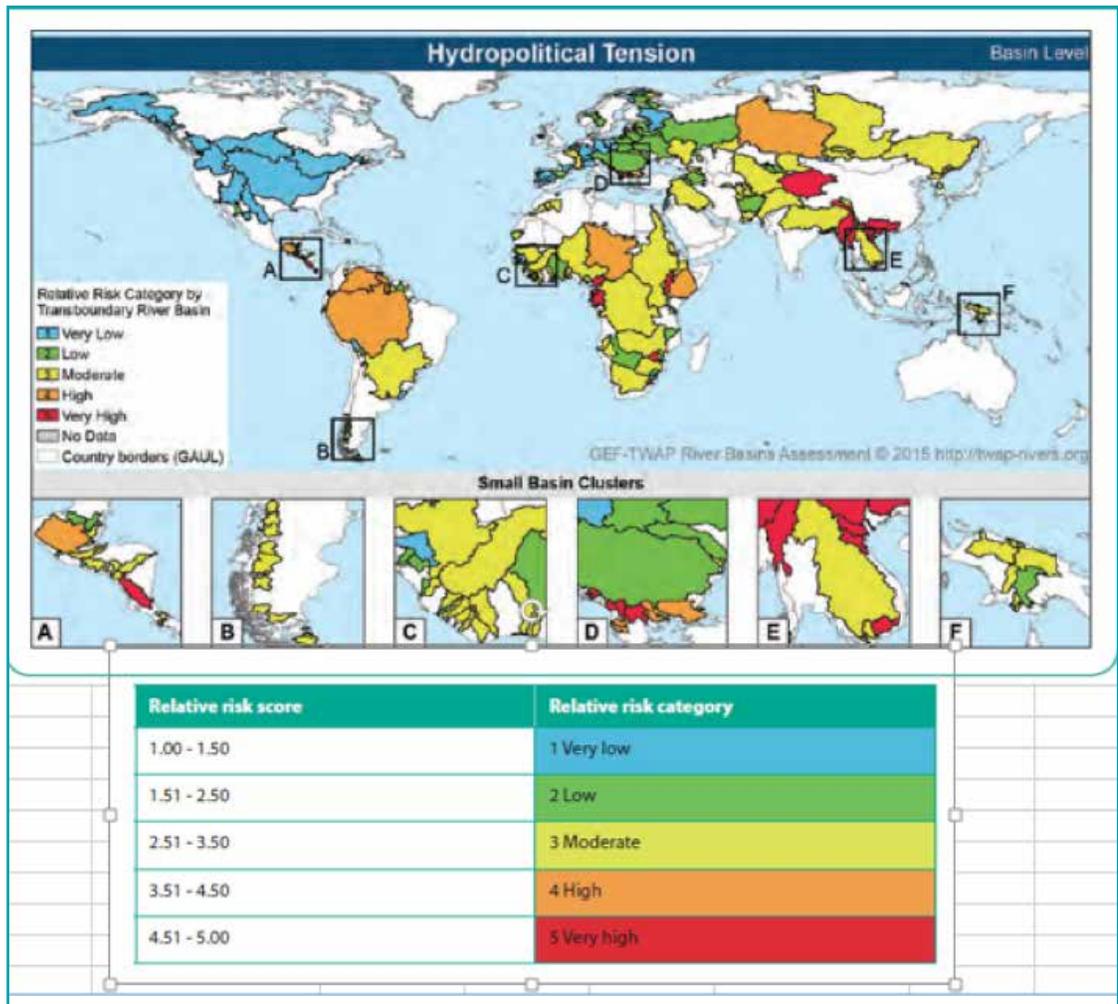


Figura 10.10. Mapa de tensión hidropolítica por cuencas transfronterizas. Puntaje de riesgos relativos.  
Fuente: (UNEP, 2016).

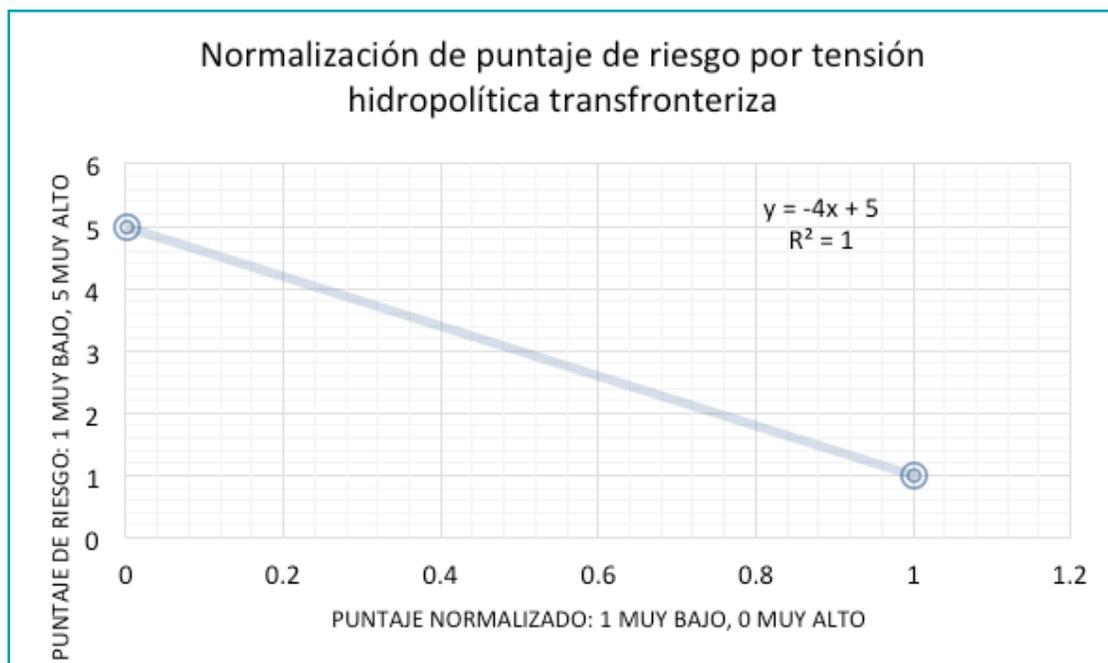


Figura 10.11. Normalización del puntaje de riesgo por tensión hidropolítica transfronteriza.

### Cálculo del Índice de administración estatal

El Índice de administración, de acuerdo con la agregación de los tres indicadores y sus pesos, se determina con la Ecuación 10.6.

$$I_{Ad} = (0.7 \text{ IMG}) + (0.15 \text{ ML}) + (0.15 \text{ TT}) \quad \text{Ecuación 10.6}$$

### 10.3.3.5. Cálculo del IGSH

Finalmente, se hace la integración de los cuatro índices para obtener el Índice Global de Seguridad Hídrica con los pesos establecidos en la metodología: DISPONIBILIDAD 45%, ACCESIBILIDAD 20%, CALIDAD Y SEGURIDAD 20%, ADMINISTRACIÓN 15% (Animesh, K. G. et al, 2016).

Se hizo la aplicación del índice en los Estados de la República Mexicana. Ver resultados en la Figura 10.12 y mapa en la Figura 10.13. Se observa que los estados con situación más crítica según el IGSH son Sonora, Baja California y Guanajuato. Les siguen Ciudad de México, Colima, Aguascalientes y Sinaloa.

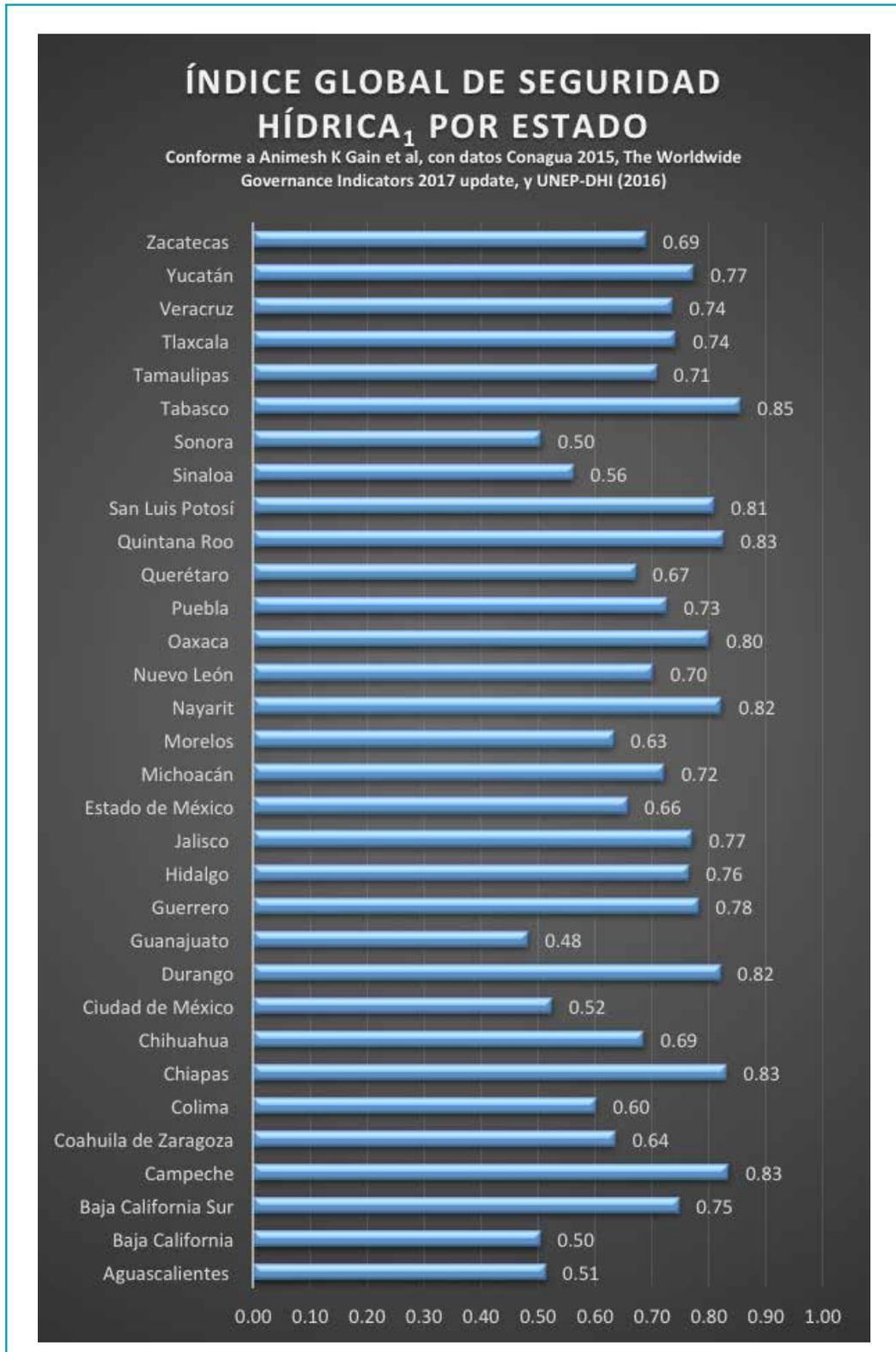


Figura 10.12. Índice Global de Seguridad Hídrica a nivel estado.

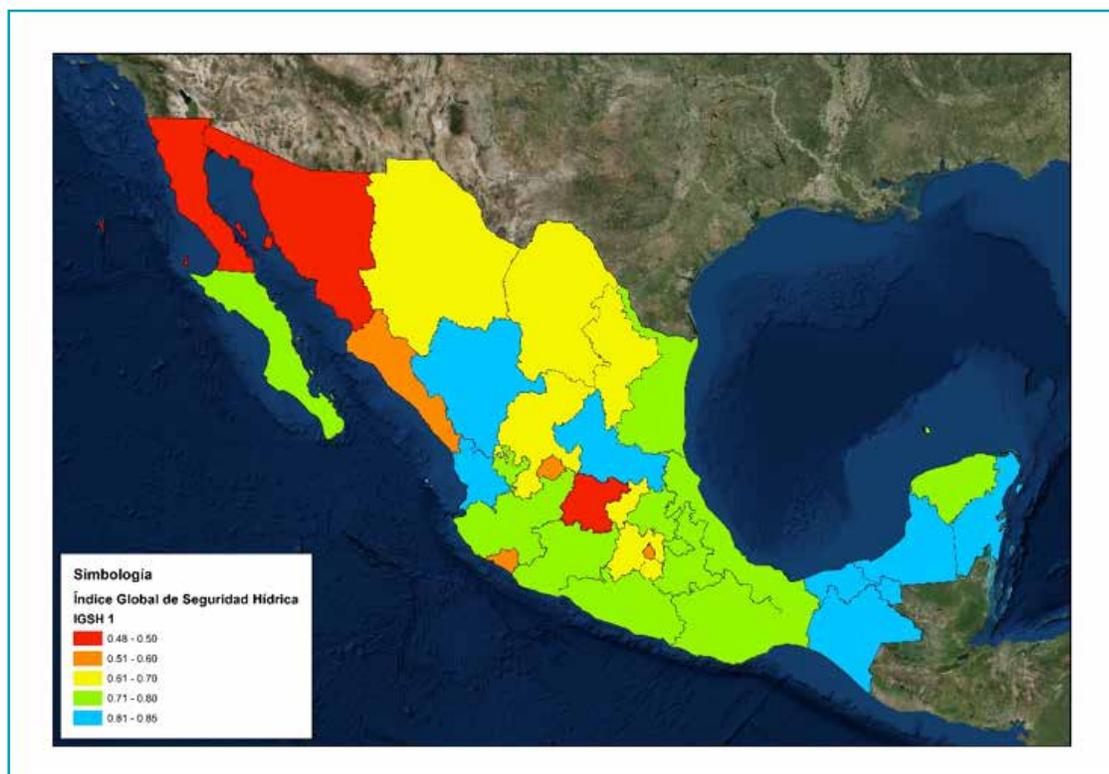
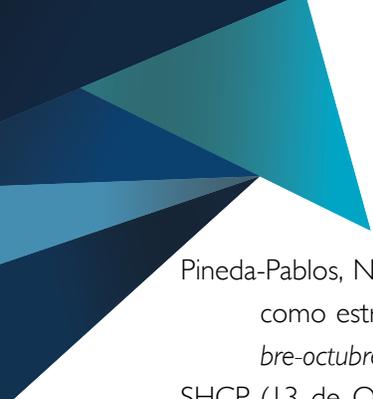


Figura 10.13. Mapa del índice Global de Seguridad Hídrica a nivel estado.

## 10.4. Bibliografía

- AguaHH-MAV. (2005). *Estudio de diagnóstico y planeación integral del sistema de agua potable y saneamiento de Hermosillo, Sonora*. Hermosillo, Sonora: Agua de Hermosillo (AguaHH)-Miranda, Arana, Velasco S.C Ingeniería Integral.
- Animesh, K. G. et al. (2016). Measuring global water security towards sustainable development. *Environmental Research Letters*, doi:10.1088/1748-9326/11/12/124015.
- Assessment, I. C. (2012). **Global Water Security**. USA: Intelligence Community Assessment.
- Bartone, C. R. (2003). *Optimización de políticas de medición en sistemas de distribución de agua potable*. Lima: CEPIS.
- Calow R., and Tucker J. . (2013). *Achieving water security. Lesson form research in water supply, sanitation and hygiene in Ethiopia*. Developments Institute (ODI), Londres.
- Camacho, G. H., García, S.A. Bravo, P.H. (2016). *Evaluación de costos de adaptación al cambio climático en organismos operadores de agua*. Jitepec, Mor: ANEAS-IMTA.
- Cohelho, A. C. (1995). *Medición de agua: Política y práctica*. Olinida, Pernambuco, Brasil: CEPIS.

- CONAGUA. (18 de 12 de 2017-3). *Sistema Nacional de Información del Agua*. Obtenido de Declaratorias por fenómenos hidrometeorológicos (nacional): <https://www.gob.mx/CONAGUA/acciones-y-programas/sistema-nacional-de-informacion-del-agua-sina> y <http://sina.CONAGUA.gob.mx/sina/tema.php?tema=declaratoriasFenomenos&ver=mapa>
- CONAGUA. (18 de febrero de 2018). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento- Establecimiento de medidas preventivas, de seguridad y diseño de obras de protección de la infraestructura de agua potable en situaciones de emergencia*. Obtenido de Mapas CONAGUA: [http://www.mapasCONAGUA.net/previ\\_max.aspx?nm=SGAPDS-1-15-Libro3.pdf&pg=](http://www.mapasCONAGUA.net/previ_max.aspx?nm=SGAPDS-1-15-Libro3.pdf&pg=)
- Daza, S. F. (2008). *Demanda de agua en zonas urbanas en Andalucía-Tesis Doctoral*. Obtenido de Universidad de Córdoba: [www.uco.es/publicaciones](http://www.uco.es/publicaciones)
- EPA. (31 de Enero de 2018). *EPA United States, Enviromental Protection Agency*. Obtenido de Climate Change and Water Tools: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/updated\\_adaptation\\_strategies\\_guide\\_for\\_water\\_utilities.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-04/documents/updated_adaptation_strategies_guide_for_water_utilities.pdf)
- EPA. (31 de enero de 2018-2). *EPA United States Enviromental Protection Agency*. Obtenido de Emergency Response for Drinking water and wastewater Utilities: <https://www.epa.gov/waterutilityresponse/flood-resilience-basic-guide-water-and-wastewater-utilities>
- EPA. (31 de Enero de 2018-3). *United States, Enviromental Protection Agency-Climate Change and Water Tools*. Obtenido de Emergency Response for Drinkin water and Wastewater Utilities-Incident Action Cheklists for Water Utilities: <https://www.epa.gov/waterutilityresponse/incident-action-checklists-water-utilities>
- Gaucín, D. (2017). *El peligro de sequía como indicador de seguridad hídrica*. Jiutepec, Morelos: IMTA.
- Grey D. y Sadoff C. (2007). *¿Hundirse o nadar? La seguridad Hídrica para el crecimiento y el desarrollo*. *Político Hídrica* 9: 545 - 557.
- IMTA. (2016). *Programa estratégico de cambio climático en el IMTA (PECCI)*. Jiutepec, Mor.: IMTA.
- Kaufmann, D. y Kraay A. (18 de 12 de 2017). *Worldwide Governance Indicators-Natural Resource Governance Institute (NRGI) and Brookings Institution-World Bank Development Research Group*. Obtenido de The World Bank Group: <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#home>
- Lambert, A. O. (2002). International Report; Water losses management and techniques, . *Water Science an Technology: Water Suply* Vo. 2 No. 4, 1- 20.
- Linaweaver, et al. (1965). *A Study of Residential Water Use*. Baltimore, Maryland: Department of Enviromental Engineering Science, The Johns Hopkins University.
- Martínez - Austria P. (2013). *Los retos de la seguridad hídrica*. Jiutepec, Morelos: Tecnología y Ciencias del Agua, Vol. IV, No. 5, 165 - 180.
- OECD. (2008). *Handbook on Construction Composite Indicators-Methology and user guide*. Ispra, Italia: OECD 2008.
- ONU, O. d. (27 de Julio de 2017). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>

- 
- Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A. (2016). Ciudades y sequía en México. La gestión del agua como estrategia crítica de mitigación. *Tecnología y ciencias del agua*, vol.VII, núm. 5, septiembre-octubre, 95-113.
- SHCP. (13 de Octubre de 2017). *Guía para el diseño de indicadores estratégicos*. Obtenido de SHCP: [http://www.shcp.gob.mx/EGRESOS/PEF/Documentos%20Recientes/guia\\_ind\\_estrategicos20100823.pdf](http://www.shcp.gob.mx/EGRESOS/PEF/Documentos%20Recientes/guia_ind_estrategicos20100823.pdf)
- SINA-CONAGUA. (31 de diciembre de 2017). *Servicio Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua*. Obtenido de Monitor de sequía en México: <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Srebotnjak, T. et al. (2011). A global water Quality Index and hot-deck imputation of missing data. *Ecological Indicators*, doi: 10.1016/j.ecolind.2011.04.023.
- UNEP, U.-D. a. (2016). *Transboundary River Basins: Status and Trends*. United Nations Environment Programme. Nairobi: UNEP-DHI and UNEP.

## Contenido Figuras

Figura 1.1.	Agua renovable en México y el mundo. Fuente: (UNESCO, 2015).	11
Figura 1.2.	Grado de presión por RHA 2015. Fuente: (CONAGUA, 2017-4).	13
Figura 1.3.	Ubicación de estaciones de monitoreo de calidad del agua y resultados 2016 de DBO5 2016. Color azul: excelente; rojo: fuertemente contaminada (estaciones en Puebla, Veracruz, estado de México, Guanajuato, Querétaro). Fuente: (CONAGUA, 2017.2).	14
Figura 1.4.	Pérdidas físicas y comerciales, y eficiencia física y comercial.	15
Figura 1.5.	Costos de producción de agua en US \$/m <sup>3</sup>	20
Figura 2.1.	Eficiencia total de la calidad de los servicios de agua potable y saneamiento. Fuente (Ochoa, 2005).	26
Figura 2.2.	Sistemas básicos de un organismo operador de agua potable y saneamiento. Fuente (Buenfil, 2007)	29
Figura 2.3.	Sistema Comercial y subsistema de medición de consumos de un organismo operador de agua potable. Fuente (OPS, 1981).	31
Figura 3.1.	Métodos adicionales al balance de agua (flujos mínimos nocturnos y análisis de componentes) para evaluar pérdidas reales.	49
Figura 3.2.	Eficiencia física, comercial y global.	57
Figura 3.3.	Variantes de indicadores de eficiencia física y comercial.	57
Figura 3.4.	La influencia del consumo en las pérdidas reales expresadas como % del volumen de entrada al sistema. Fuente (Lambert, 2002).	60
Figura 3.5.	Los cuatro métodos de reducción y control de pérdidas físicas. Fuente: (Lambert, 2002).	62
Figura 3.6.	Las cuatro componentes de pérdidas de agua aparentes (comerciales). Fuente (Rizzo, 2007)	65
Figura 3.7.	Las cuatro componentes de pérdidas de agua aparentes (comerciales). Fuente (Rizzo, 2007).	66
Figura 3.8.	Prueba de cierre en zona aislada (distrito hidrométrico) en la que se mide un caudal mínimo (Q <sub>min</sub> ) y un caudal medio (Q <sub>med</sub> ) de alimentación a la zona, con que se calcula la eficiencia de distribución (Edis), y el % de pérdidas (físicas de distribución), similar al empleo de los Q <sub>min</sub> nocturnos. Normalmente se hace después de eliminar pérdidas aparentes y una primera etapa la reparación de fugas.	67
Figura 4.1.	Subsistemas que componen el sistema comercial y sus funciones.	73
Figura 4.2.	Sistema de información de la macromedición (Fuente: Metodología del proyecto de Macromedición-IMTA-OPS-CEPIS).	74
Figura 4.3.	Presentación de datos instantáneos, eléctricos y de flujo, en tiempo real de un pozo; sistema operacional de la JMAS Juárez. Foto propia	75
Figura 4.4.	Sistema informático del área comercial de la JMAS Delicias. Foto propia.	76
Figura 5.1.	Situación de un padrón de usuarios no actualizado [Elaboración propia]	86
Figura 5.2.	Situación de un padrón de usuarios no actualizado [Elaboración propia]	91
Figura 5.3.	Situación de un padrón de usuarios no actualizado [Elaboración propia]	96
Figura 5.4.	Esquema para regularizar a los usuarios clandestinos [Elaboración propia]	97
Figura 5.5.	Lluvia de puntos de ubicación de los usuarios clandestinos o irregulares [Elaboración propia].	98
Figura 5.6.	Distritos Hidrométricos con mayor número de usuarios clandestinos [Elaboración propia].	99
Figura 5.7.	Crecimiento conurbado colonia Granjas Unidas [IMAS de Juárez-JCAS-IMTA].	102
Figura 5.8.	Organigrama de los cambios del padrón de usuarios [IMAS de Juárez-JCAS-IMTA]	104
Figura 5.9.	Diagrama de depuración de registros catastrales [EPS.-Sedaloreto S.A.]	105
Figura 5.10.	Diagrama de depuración de registros catastrales [EPS.-Sedaloreto S.A.]	110
Figura 6.1.	Medidores sustituidos por deterioro.	118

Figura 6.2.	Evaluación del rendimiento de medidores en sitio.	122
Figura 6.3.	Resultado de prueba de errores de un medidor conforme a norma (SECOFI, 1994).	122
Figura 6.4.	Patrón de consumo de un cliente residencial. Fuente (Ferréol, 2005).	123
Figura 6.5.	Evolución con el tiempo de la eficiencia de un parque de medidores. Fuente (Ferréol, 2005).	124
Figura 6.6.	Medidor de condominio en la ciudad de Querétaro (alto consumidor).	127
Figura 6.7.	Medidor de alto consumidor.	127
Figura 6.8.	Ejemplo de sobredimensionamiento de un medidor de toma industrial. Se observa que el flujo que pasa por el medidor (permanente), debido al patrón de consumo del cliente, es menor al 50% del gasto permanente del medidor ( $Q_n$ ), en el periodo de prueba.	127
Figura 6.9.	Medidor de consumo ubicado dentro de predio.	128
Figura 6.10.	Medidor de consumo en banqueta.	129
Figura 6.11.	Medidores de consumo en cuadro. Medidor clase C y Clase B. De velocidad, tipo turbina.	129
Figura 6.12.	Arquitectura general de un sistema AMI de consumo eléctrico, del que sólo cambian los medidores inteligentes de energía por medidores inteligentes de agua. Fuente (Gómez López, José Martín; et al, 2015).	130
Figura 6.13.	Medidor ultrasónico para medición de consumos (medidor inteligente). Clase C.	133
Figura 6.14.	Medidor electromagnético para medición de consumos (medidor inteligente). Clase C.	133
Figura 6.15.	Terminal remota (hand held) e impresora térmica.	133
Figura 6.16.	Terminal remota y recibo de cobro impreso en sitio, con el uso de la hand held y la impresora.	133
Figura 6.17.	Estándares de competencia para el Sector Productivo Agua	134
Figura 6.18.	Estándares de competencia acreditados por el IMTA	136
Figura 6.19.	Número de personas certificadas en los últimos tres años en el EC140 por la ECE IMTA	136
Figura 7.1.	Auto pago en la CESPMM de Mexicali, Baja California.	140
Figura 7.2.	Opciones principales para que los clientes pueden realizar sus pagos por los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.	143
Figura 7.3.	Pago en cajas de oficinas comerciales.	144
Figura 7.4.	Pago de los servicios mediante cajero automático	145
Figura 7.5.	Ejemplo de oficinas comerciales, de la CEA en el municipio de Cadereyta, Querétaro.	146
Figura 7.6.	Diagrama de flujo para el diseño de las opciones de pago de un organismo operador.	148
Figura 8.1.	Objetivos del PNH en Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.	155
Figura 8.2.	Representación gráfica del subsidio en el mercado de agua. Fuente: IMTA	157
Figura 8.3.	Ineficiencia de una tarifa no basada en costos marginales. Fuente (Cepep, 1998).	159
Figura 8.4.	Tipos de elasticidad de la demanda.	166
Figura 8.5.	Mercado en equilibrio.	167
Figura 9.1.	Infraestructura y servicio de agua potable de la CEA Querétaro, en comunidades rurales dispersas del municipio de Cadereyta, Querétaro.	175
Figura 9.2.	Cobertura de agua potable 200-2015 en los Estados Unidos Mexicanos (curva inferior) y en el estado de Querétaro (superior). Elaboración propia con datos de (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Querétaro, 2015) y (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos, 2015).	179
Figura 9.3.	Cobertura de drenaje 200-2015 en los Estados Unidos Mexicanos (curva azul con mayor cobertura 2000) y en el estado de Querétaro (naranja con mayor cobertura 2015). Elaboración propia con datos de (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Querétaro,	

	2015) y (INEGI, Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos, 2015).	180
Figura 9.4.	Organismos operadores de agua según cobertura geográfica en el año 2013 (INEGI, 2016).	182
Figura 9.5.	Modelo para la gestión de servicios de saneamiento básico en Perú. Fuente: Informe, Transferencia de Modelo de Gestión Sostenible en Agua y Saneamiento Rural en la Región Cajamarca.	191
Figura 10.1.	Producción en verano e invierno en Hermosillo en 2005. Fuente (AguaHH-MAV, 2005).	198
Figura 10.2.	Variación mensual de producción y de fugas en Hermosillo en el año 2005. Pérdidas promedio 34.3%, en verano 30% y en invierno 41%. Fuente: (AguaHH-MAV, 2005).	199
Figura 10.3.	Gráfica de balance de agua de un organismo operador (ejemplo). Elaboración propia.	199
Figura 10.4.	Monitor de sequía de México al 31 de diciembre de 2017. Fuente (SINA-CONAGUA, 2017).	203
Figura 10.5.	Monitor de sequía de México. Porcentaje de área afectada con sequía en México a partir del 2003. Fuente (SINA-CONAGUA, 2017)	204
Figura 10.6.	Declaratorias 2000-2016 por fenómenos hidrometeorológicos por municipio: ciclones tropicales, lluvias, inundaciones, bajas temperaturas, fuertes vientos, nevadas (heladas o granizadas). Verde más intenso de 18 a 46 declaratorias, verde siguiente 12 a 17, 7 a 11, 1 a 6, y sin color 0. En el municipio de Ciudad Juárez Chihuahua 29 declaratorias; por inundaciones: 6. Fuente: (CONAGUA, 2017-3).	205
Figura 10.7.	Ciclo integral del agua. Fuente (Daza, 2008)	208
Figura 10.8.	Índice mundial de gobernanza 2005-2015 para México. Fuente: (Kaufmann, D. y Kraay A., 2017)	221
Figura 10.9.	Marco legal por cuencas transfronterizas. Puntaje de tratados por cuenca y categoría de riesgos. Fuente: (UNEP, 2016).	222
Figura 10.10.	Mapa de tensión hidropolítica por cuencas transfronterizas. Puntaje de riesgos relativos. Fuente: (UNEP, 2016).	223
Figura 10.11.	Normalización del puntaje de riesgo por tensión hidropolítica transfronteriza.	224
Figura 10.12.	Índice Global de Seguridad Hídrica a nivel estado.	225
Figura 10.13.	Mapa del índice Global de Seguridad Hídrica a nivel estado.	226

## Contenido Tablas

Tabla 1.1.	Datos geográficos y socioeconómicos por entidad federativa. Fuente (Conagua, 2016).	12
Tabla 1.2.	Estimación de volúmenes de agua no rentable (ANR) en el mundo. Fuente (Kingdom, 2006).	16
	Fuentes: WHO (OMS) y estimaciones de los autores.	16
Tabla 1.3.	Valor estimado de ANR y sus componentes. Fuente (Kingdom, 2006).	17
Tabla 2.1.	Evolución del abastecimiento de agua potable y alcantarillado 1948-1983. Fuente (Pineda-Pablos, N., Salazar-Adams, A., 2008).	28
Tabla 2.2.	Sistemas de un organismo operador. Fuente (Gónima, 1980).	30
Tabla 2.3.	Subsistemas o áreas comerciales y sus funciones. Elaboración propia con información de (Gónima, 1980) y (Londoño, 1985).	33
Tabla 2.4.	Algunas situaciones comerciales u otras que afectan las áreas operacionales.	34
Tabla 2.5.	Algunas situaciones operacionales u otras que afectan las áreas comerciales.	35
Tabla 2.6.	Niveles de desarrollo de gestión de clientes, de la herramienta para evaluar practicas utilizadas en la gestión de clientes. Elaboración propia con datos del BID (Jordain, 2011).	38
Tabla 3.1.	Formato y terminología estándar internacional para el balance de agua (IWA). Fuente (Lambert, 2002).	47
Tabla 3.2.	Indicadores de pérdidas de agua IWA (2006).	56
Tabla 3.3.	Indicadores de eficiencia.	58
Tabla 3.4.	Componentes de pérdidas reales (BABE). Fuente: Lambert (2002).	62
Tabla 3.5.	Gestión de pérdidas según el valor del ILI y las directrices del WBI*.	64
Tabla 3.6.	Recomendaciones de reducción del WBI según el ILI.	64
Tabla 3.7.	Acciones de mejoramiento de la eficiencia comercial según alternativa de cuatro etapas. Fuente (Conagua, 2017).	69
Tabla 4.1.	Aspectos Generales del Sistema de Ingresos. Fuente (BANOBRAS, 2013).	78
Tabla 4.2.	Aspectos de Funcionalidad del Sistema de Ingresos. Fuente (BANOBRAS, 2013).	79
Tabla 4.3.	Aspectos Técnicos. Respecto a la Base de Datos. Fuente (BANOBRAS, 2013).	79
Tabla 4.4.	Aplicaciones y procedimientos para control de obligaciones fiscales. Fuente (BANOBRAS, 2013).	79
Tabla 4.5.	Tipo de sistema y nivel de integración con las otras funciones de la empresa. Fuente (Jordain, 2011).	80
Tabla 4.6.	Ejemplo de módulos básicos de un sistema informático del área comercial.	81
Tabla 5.1.	Clasificación de tomas domiciliarias por tipo de uso [IMAS de Juárez-JCAS-IMTA]	88
Tabla 5.2.	Resultados de la base de datos Vs Información oficial del Área Comercial	92
Tabla 5.3.	Tipos de trámites a realizar por cada del Depto. Comercial	108
Tabla 5.4.	Distribución de las estadísticas por Depto. del Área Comercial	109
Tabla 6.1.	Casos de instalación y sustitución de medidores de consumo.	116
Tabla 6.2.	Comparación entre uso residencial medido y de cuota fija.	118
Tabla 6.3.	Efectos de la instalación de medidores sobre el consumo de agua.	119
Tabla 6.4.	Atención al problema de submedición en varios países. Fuente (Lambert, 2002).	120
Tabla 6.5.	Metodología para estudiar la eficiencia de un parque de medidores residenciales. Fuente (Ferréol, 2005).	123
Tabla 6.6.	Nuevos procedimientos y tecnologías para toma de lecturas y notificaciones de cobro.	131
Tabla 6.7.	Caudales mínimo y de transición del medidor en función de la clase Metrológica y el número de designación N	138
Tabla 7.1.	Frecuencia de facturación	147
Tabla 8.1.	Tarifas en relación a los metros cúbicos (m <sup>3</sup> ) consumidos. Servicio subsidiado	167

Tabla 8.2.	Tarifas vigentes de los primeros 20 m <sup>3</sup> al mes de julio del 2016 para el municipio de Cadereyta de Montes.	168
Tabla 10.1.	Comparación entre uso residencial medido y de cuota fija.	206
Tabla 10.2.	Efectos de la instalación de medidores sobre el consumo de agua.	207
Tabla 10.3.	Métodos de normalización de indicadores. Fuente: (OECD, 2008).	217
Tabla 10.4.	Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH): Cuatro criterios y sus indicadores.	219
Tabla 10.5.	Opciones para índice de sequías por Estado. Fuente (Gaucín, 2017)	221
Tabla 10.6.	Resumen de parámetros (WATQ1), su razonamiento para la inclusión, y sus limitaciones en caracterizar la calidad del agua a nivel global. Fuente (Srebotnjak, T. et al, 2011).	224



**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**IMTA**  
INSTITUTO MEXICANO  
DE TECNOLOGÍA  
DEL AGUA