

Ciudad Obregón, Sonora, a 03 de Diciembre de 2012

Instituto Tecnológico de Sonora
P r e s e n t e.

El que suscribe **Juan Adolfo Ortiz Millanes**, por medio del presente manifiesto bajo protesta de decir verdad, que soy autor y titular de los derechos de propiedad intelectual tanto morales como patrimoniales, sobre la obra titulada: **“Estudio de Diagnóstico y Planeación del Oomapas de Cajeme para la Gestión y Mejora de la Eficiencia Física”**, en lo sucesivo “LA OBRA”, misma que constituye el trabajo de tesis que desarrolle para obtener el grado de **Maestro en Ingeniería en Administración de la Construcción** en ésta casa de estudios, y en tal carácter autorizo al Instituto Tecnológico de Sonora, en adelante “EL INSTITUTO”, para que efectúe la divulgación, publicación, comunicación pública, distribución y reproducción, así como la digitalización de la misma, con fines académicos o propios del objeto del Instituto, es decir, sin fines de lucro, por lo que la presente autorización la extiendo de forma gratuita.

Para efectos de lo anterior, EL INSTITUTO deberá reconocer en todo momento mi autoría y otorgarme el crédito correspondiente en todas las actividades mencionadas anteriormente de LA OBRA.

De igual forma, libero de toda responsabilidad a EL INSTITUTO por cualquier demanda o reclamación que se llegase a formular por cualquier persona, física o moral, que se considere con derechos sobre los resultados derivados de la presente autorización, o por cualquier violación a los derechos de autor y propiedad intelectual que cometa el suscrito frente a terceros con motivo de la presente autorización y del contenido mismo de la obra.



Juan Adolfo Ortiz Millanes
(Nombre y firma del autor)



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA
Educar para Trascender

“ESTUDIO DE DIAGNÓSTICO Y PLANEACIÓN
DEL OOMAPAS DE CAJEME PARA LA GESTIÓN
Y MEJORA DE LA EFICIENCIA FÍSICA”

Presenta

Juan Adolfo Ortiz Millanes

Cd. Obregón Sonora

Noviembre 2012

CONTENIDO

Capítulo I. Introducción.....	4
Antecedentes.....	4
Planteamiento del problema	8
Objetivo General.....	11
Justificación	12
Delimitantes.....	14
Capitulo II. Marco Teórico.....	16
Cálculo estandarizado de la IWA para el balance hidráulico.....	23
Capítulo III. Metodología.....	28
Tipo de investigación.....	28
Diseño de la investigación.....	28
Participantes.....	29
Procedimiento.....	30
Capítulo IV. Resultados y Discusión.....	31
Datos de partida.....	31
Clasificación de los consumos en la red.....	32
Volumen registrado y volumen facturado.....	33
Volumen producido.....	34
Volumen facturado.....	35
Volúmenes facturados medidos.....	40
Rendimiento de la red.....	42
Resultados del balance hídrico (según método IWA).....	48
Determinación de la eficiencia física en el sistema.....	50
Índice de agua no registrada.....	53
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....	56
Recomendaciones Comerciales.....	56
Recomendaciones Técnicas.....	58

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores de organismos operadores en Sonora.....	7
Tabla 2 Terminología y Clasificación del Agua.....	24
Tabla 3. Información Detallada para el Balance Hidráulico	25

Tabla 4. Clasificación de consumos.	32
Tabla 5. Volúmenes Producidos por Fuente en los últimos años.	34
Tabla 6. Volúmenes Facturados por Tipo de usuario. Años 2010 y 2011.	35
Tabla 7. Clasificación de tomas en cantidad y porcentaje.	37
Tabla 8. Volúmenes Facturados Medidos por Tipo de usuario. Año 2010 y 2011.	40
Tabla 9. Volúmenes Facturados NO Medidos por Tipo. Año 2010 y 2011.	41
Tabla 10. Estimación de los Volúmenes Consumidos NO Medidos. Año 2010 y 2011.	42
Tabla 11. Volúmenes Registrados y Estimación de los No Registrados. Año 2010 y 2011.	46
Tabla 12. Resultados del Balance Hídrico. Año 2010.	48
Tabla 13. Resultados del Balance Hídrico. Año 2011.	49
Tabla 14. Eficiencia Física del sistema. Años 2010 y 2011.	51
Tabla 15. Eficiencia Física y Eficiencia de Facturación. Año 2010 y 2011.	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los M ³ Facturados por Tipo. Años 2010 y 2011.	36
Figura 2. Distribución de los M ³ Facturados Medido o No Medido, años 2010 y 2011.	38
Figura 3. Distribución de Volúmenes Facturados NO Medidos. Año 2010.	38
Figura 4. Distribución de Volúmenes Facturados NO Medidos. Año 2011.	39
Figura 5. Dotación Media por Toma Medida y Tipo de Usuario.	41
Figura 6. Esquema de Distribución de los Consumos en la Red.	43
Figura 7. Principales causas de pérdidas en la Red de Distribución.	44
Figura 8. Distribución porcentual habitual de pérdidas en sistemas de abastecimiento.	45
Figura 9. Evolución del coeficiente global de Agua No registrada AEAS.	54
Figura 10. Evolución del Promedio del Agua No Contabilizada en ciudades mexicanas.	54

Capítulo I. Introducción

Antecedentes

Los organismos operadores son los responsables de administrar y operar 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. Dichos organismos pueden tener diferentes denominaciones, como: sistemas de agua, direcciones, comisiones, juntas locales, departamentos y comités, entre otros, de acuerdo a la estructura orgánica a la que pertenezcan. El suministro de agua en la República Mexicana se realiza a través de 2,356 organismos operadores donde 1,567 proporcionan el servicio a poblaciones urbanas, 98 a poblaciones suburbanas y 691 a poblaciones de los dos tipos antes mencionados.

De acuerdo a las cifras que presenta el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), en el año 2005 con una población de 103.3 millones de habitantes se contaba con una cobertura del servicio de agua potable de 89.1 % y del 85.4 % en alcantarillado sanitario, para el año 2010 en México se tiene una población de 112.33 millones de habitantes debido al crecimiento demográfico, se cuenta con coberturas del 88.7 % y 89.1 % en materia de agua potable y alcantarillado respectivamente, (INEGI, 2010).

Se aprecia una baja en la cobertura del servicio de agua potable del 0.40 % de disminución, no así en el tema de alcantarillado sanitario que presenta según el censo del 2010 un aumento del 3.7 % en su cobertura del servicio. De acuerdo a los datos anteriores, la mayoría de los organismos operadores (OO) del país presentan una situación crítica. La ausencia de recursos económicos, la falta de continuidad y

deficiencia en las gestiones a largo plazo, un marco jurídico y regulatorio adecuado, así como la politización de las decisiones, han provocado que la gran mayoría de los organismo operadores de agua potable en el país, presenten deficiencias en el cumplimiento de sus objetivos, tales como: la cobertura de servicios, la eficiencia física y comercial, así como la falta de autonomía financiera. Esto último debido, entre otras razones, a la baja disposición de pago de los usuarios, a un endeudamiento excesivo de algunos organismos, a una rigidez en los esquemas de autorización de tarifas y, en algunos casos, a un nivel tarifario.

Sin embargo, lo que distingue a un buen organismo de un mal organismo es su capacidad de gestión. En otras palabras, un OO con débil capacidad de gestión, por más dinero que reciba, no podrá ofrecer mejores servicios de manera sustentable.

De acuerdo a diversos análisis realizados por la Comisión Nacional del Agua, la eficiencia global promedio en los organismos operadores del país en el año 2006 era del orden del 36.21% y es resultado del producto entre la eficiencia física y la comercial, ambas del orden del 52.1% y 69.5% respectivamente, de acuerdo a los trabajos de mejora en los mismos organismo en conjunto con la Comisión Nacional del Agua para el año 2009 la eficiencia global ha mejorado al 42.3 %, sin embargo sigue siendo baja (CONAGUA, 2009).

Lo anterior es de suma importancia ya que refleja que de cada 1000 litros de agua producida, los organismos operadores sólo recibían ingresos por 362 litros en 2006.

La eficiencia de un organismo operador tiene que ver con su capacidad para entregar agua y saneamiento a la mayor cantidad de personas, con las menores pérdidas posibles, a

un costo razonable. Así como con su eficacia para hacerse de los fondos necesarios para lograr su cometido y garantizarlo en el largo plazo.

El estado de Sonora se encuentra geográficamente ubicado al noroeste del país, con un clima en la mayor parte de su territorio semidesértico y por consecuencia presenta el problema de escasez de agua en la mayor parte de sus municipios. Ante la perspectiva del clima y la incertidumbre sobre la disponibilidad del recurso agua, resulta importante que los organismos operadores de agua del estado gestionen eficientemente los recursos necesarios para el abastecimiento y suministro de agua potable a la totalidad de la población, con la menor cantidad de pérdidas del recurso y a los menores costos posibles, mejorando con ello su eficiencia global y sustentabilidad financiera.

Para incrementar las coberturas de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento se requieren inversiones de millones de pesos en proyectos de ampliaciones y rehabilitaciones de redes, además de infraestructura en materia de captación, costos de operación y mantenimiento para nuevas inversiones en plantas de tratamiento y de abastecimiento.

Las inversiones son un elemento indispensable en el sector del agua potable, alcantarillado y saneamiento, por lo que resulta conveniente el análisis y la evaluación de alternativas para que la inversión pública, se destine hacia aquellas acciones que cuenten con factibilidad técnica y rentabilidad financiera y hacia aquellas acciones que permitan incrementar la calidad y eficiencia de los servicios junto con la operación de los sistemas.

A continuación se presenta un tabulador del periodo 2011 (tabla 1) con los indicadores más representativos que sirven como calificadores de organismos operadores de agua

potable del estado de Sonora, considerados los más importantes, publicado por la Comisión Estatal de Agua en su página web, (CEA, 2011).

Tabla 1. Indicadores de organismos operadores en Sonora.

Municipio	Producción en metros cúbicos	Facturación en metros cúbicos	Eficiencia Física	Importe Facturado	Ingresos Facturados	Eficiencia Comercial	Ingresos Totales	Egresos
AGUA PRIETA	13,410,684.0	7,120,311.0	53.09 %	\$ 54,179,882.19	\$ 33,885,888.85	62.54 %	\$ 50,041,039.30	\$ 77,637,686.0
CABORCA	9,225,541.44	5,525,461.0	59.89 %	\$ 29,463,693.94	\$ 17,693,735.56	60.05 %	\$ 36,540,880.63	\$ 45,987,426.88
CAJEME	47,177,856.00	24,050,728.00	50.98 %	\$ 219,276,475.77	\$ 76,842,500.72	35.04 %	\$ 147,262,629.38	\$ 243,490,072.00
CANANEA	6,559,488.00	4,276,506.00	65.20 %	\$ 15,487,684.72	\$ 4,432,427.52	28.62 %	\$ 9,157,994.27	\$ 34,023,347.56
EMPALME	8,371,861.92	3,296,617.00	39.38 %	\$ 23,455,195.90	\$ 12,680,642.90	54.06 %	\$ 30,374,916.06	\$ 24,671,609.65
GUAYMAS	25,354,944.00	10,023,087.00	39.53 %	\$ 78,134,930.34	\$ 38,382,982.91	49.12 %	\$ 56,074,043.66	\$ 143,837,376.66
HILLO.	85,431,024.00	53,278,095.00	62.36 %	\$ 357,079,255.00	\$ 293,549,116.20	82.21 %	\$ 640,647,912.30	\$ 629,989,422.00
HUATABAMPO	4,787,164.80	2,773,715.00	57.94 %	\$ 16,218,312.74	\$ 8,059,301.65	49.69 %	\$ 11,820,981.80	\$ 23,664,114.00
MAGDALENA	7,955,586.72	2,882,080.00	36.23 %	\$ 13,242,843.84	\$ 7,536,462.56	56.91 %	\$ 14,414,929.62	\$ 16,544,544.73
NAVOJOA	20,093,793.12	9,617,037.00	47.86 %	\$ 65,336,048.60	\$ 25,626,956.07	39.22 %	\$ 47,982,198.31	\$ 64,907,168.00
NOGALES	26,301,024.00	18,656,110.00	70.93 %	\$ 137,843,219.64	\$ 79,467,126.01	57.65 %	\$ 179,611,636.38	\$ 211,077,393.77
PUERTO PEÑASCO	12,420,138.24	5,799,968.00	46.70 %	\$ 51,544,994.48	\$ 13,760,281.30	26.70 %	\$ 21,289,321.66	\$ 39,104,665.36
TOTALES	267,089,106.24	147,299,715.0	55.15 %	\$ 1,061,262,537.16	\$ 611,917,422.25	57.66 %	\$ 1,245,218,483.37	\$ 1,554,934,796.61

En la tabla 1 se puede observar que el promedio total de la eficiencia física de los organismos más importantes del estado es del 55.15% y se encuentra por encima del promedio nacional, sin embargo en la eficiencia comercial promedio del estado es baja respecto nacional siendo está de 57.66%, dando como resultado una eficiencia global del 31.80 % para el estado, ubicándose a 10.50 puntos porcentuales debajo de la media del país.

Planteamiento del problema

La nueva e imperativa noción del desarrollo urbano y regional reclama orientar en forma efectiva todas las acciones previsibles del desarrollo, atendiendo la complejidad e interdependencia entre las relaciones: crecimiento, equidad y medio ambiente. Así, el desarrollo sustentable se concibe como un proceso a través del cual se pretende alcanzar un equilibrio entre el aprovechamiento de los recursos naturales, el crecimiento económico y una mayor calidad de vida y equidad, tomando como base el espacio urbano-regional.

Las estrategias de crecimiento planteadas en el Programa de Desarrollo del Área Urbana de Ciudad Obregón, propone principios de ordenamiento que en el momento de su elaboración eran factibles, sin embargo las condiciones actuales y la tendencia del uso del suelo, indican que las áreas propuestas y los plazos establecidos han venido transformando las condiciones de su planteamiento original. Esto es debido al constante crecimiento urbano que se ha venido presentando en Cd. Obregón en los últimos años, lo que ha generado que los desarrolladores de vivienda estén adquiriendo terrenos agrícolas que se encuentran localizados en las periferias de la Ciudad para llevar a cabo sus fraccionamientos, en los cuales, en la mayoría de los casos no se cuenta aún con los proyectos de infraestructura hidráulica y sanitaria, además estos terrenos están quedando fuera de las áreas de crecimiento según las estrategias planteadas en el Plan de desarrollo parcial para la cual fue proyectado su desarrollo en determinado tiempo. La tendencia a la apertura de nuevas colonias y la incorporación de nuevas tierras al uso urbano crean la necesidad de replantear este Plan de Desarrollo en busca de mejores alternativas.

La disponibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento es factor determinante para acelerar el proceso de desarrollo de las regiones, los departamentos y municipios del

estado. El crecimiento presenta el desafío de mantener la capacidad de administrar los sistemas y prestar los servicios designados al organismo operador de agua municipal de manera eficaz.

Con esta situación de crecimiento que presenta la ciudad, le sumamos los problemas que ya existen en la cobertura de los servicios, donde la infraestructura existente presenta problemas de fallas físicas que provocan pérdidas de volúmenes de agua importantes. Como organismo operador de agua potable enfrenta el reto de mejorar la eficiencia global en la prestación de sus servicios, que se estima de un 36.0 % en promedio en el país.

La rentabilidad del servicio de agua potable es el producto de la eficiencia física por la comercial, es decir, el volumen de agua cobrado a los usuarios respecto al total suministrado al sistema de abastecimiento, lo que da origen a la eficiencia global. Según los datos oficiales publicados por la Comisión Estatal del Agua, la eficiencia global es de 23.51% para el Oomapas de Cajeme.

Los datos publicados en el año 2009 establecen la eficiencia física del organismo en 55.94 %. Se han realizado importantes inversiones en obras que ayudan a contar con una mejor producción y potabilización de agua, realizando trabajos de automatización de las plantas potabilizadoras, las cuales incluyeron los cambios de equipos de bombeo de alta eficiencia, macromedición y sistemas de telemetría; esto ayuda a conocer con exactitud la cantidad de agua que se suministra a la red de la ciudad. Sin embargo, para incrementar y controlar la eficiencia física hace falta dar seguimiento a más proyectos como la localización y reparación de fugas en tomas domiciliarias, cambio de tomas domiciliarias con mayor índice de incidencia, reparación de fugas en cajas de válvulas, tuberías principales y secundarias, y tanques de regulación; para controlar la eficiencia física

alcanzada se necesita sectorizar la red de distribución, tener un catastro de infraestructura hidráulica y de redes al 100% (actualmente se tiene el 95%), control operacional, control de fugas, entre otros.

La eficiencia comercial del organismo en el 2009 fue de 42.02 %. Para incrementar y controlar la eficiencia comercial se necesita ajustar el monto base, corregir errores de micromedición, localizar y regular tomas clandestinas, lo que incrementará la base de pago y por ende la eficiencia. Para controlar la eficiencia comercial alcanzada se necesita de proyectos que actualicen y verifiquen el padrón de usuarios, facturación y cobranza que permitan identificar a los usuarios con atrasos (alrededor del 24.1% de los usuarios tienen una deuda de 12 meses o más de antigüedad), análisis de tecnología para micromedición y consumos, escala tarifaria, etcétera.

Sin embargo estos datos oficiales de eficiencias que se presentan ante la CEA, dentro del organismo operador crean una incertidumbre de validez y exactitud, es por ello la importancia de realizar un estudio y diagnóstico que tiene como fin mostrar las condiciones actuales del sistema de agua potable, su fortaleza y debilidades, además de ayudar a evitar que se sigan haciendo intentos aislados para resolver problemas individualmente, redoblando esfuerzo, tiempo y costo. Una parte de este plan se enfoca directamente a realizar una planeación estratégica que ayude al incremento de la eficiencia física del Oomapas de Cajeme, lo que permitirá contar con un plan elaborado que brinde ventajas como medir el porcentaje de avance comparando el plan desarrollado contra el progreso real, ver el entorno completo (el organismo operador como un sistema) y el impacto de cada actividad y/o etapa del plan, y poder anticipar y controlar las variables que surjan.

La elaboración de esta propuesta es llevada a cabo considerando la importancia de contar con un modelo de planificación que se ajuste a las verdaderas necesidades de la ciudad, iniciando con el mejoramiento del servicio del agua y todo lo que ello implica.

Objetivo General

Realizar un estudio de diagnóstico para la planeación del Oomapas de Cajeme a fin de obtener un plan de desarrollo en la gestión y mejora de la eficiencia física, planteando la programación de procedimientos y acciones para mejorar la eficiencia física, abordando al menos los puntos siguientes: diagnóstico operativo del sistema de agua potable e indicadores de eficiencia.

Dentro de las acciones relacionadas a este proyecto se revisará y actualizarán algunos indicadores técnicos y comerciales a fin de analizar la eficiencia física, así como el potencial que tiene el organismo para mejorar la calidad de los servicios.

Objetivos específicos

1. Calcular el índice de eficiencia física del Oomapas de Cajeme.
2. Conocer el volumen producido por las fuentes de abastecimiento existentes para determinar la oferta real de agua potable.
3. Determinar los consumos por tipo de usuario con base en los registros actuales e históricos del Organismo Operador, como mínimo de un año.
4. Estimar los volúmenes de agua no contabilizada, evaluando los errores de micromedición, los errores de estimación por cuota fija y calculando el porcentaje de pérdidas físicas tanto en las redes de distribución como en

toma domiciliaria; con base en la información con la que cuenta o pueda generar el Organismo Operador.

5. Conocer la demanda total actual de agua potable determinando los consumos de los usuarios domésticos conectados a la red, los usuarios domésticos no conectados a la red (usuarios potenciales), así como la de los usuarios no domésticos (comerciales, industriales, servicios, etc.) y sumándole a estos consumos el volumen de agua perdido por fugas.
6. Mencionar propuestas para el mejoramiento de la eficiencia física, del servicio de agua potable, suministro en calidad y cantidad.

Justificación

Los principales desafíos que enfrentan los organismos operadores de agua potable es el asegurar a todos los habitantes la dotación de los servicios, mejorar la eficiencia operativa y canalizar los recursos financieros necesarios para cubrir las necesidades de los mismos.

Existen cerca de 680 ciudades que tienen entre 10,000 a 250,000 habitantes, las cuales congregan al 24% de la población total del país. Para apoyar el mejoramiento del servicio en este segmento poblacional es conveniente comenzar por elaborar diagnósticos integrales de los organismos operadores que permitan identificar los principales problemas y las acciones que requieren atención prioritaria. Los diagnósticos deberán además incluir un análisis de los marcos jurídicos de los servicios, del entorno político-institucional, de los esquemas organizativos, de los mecanismos de participación ciudadana, de los aspectos operativos, del abastecimiento informal (si lo hubiere) y de la situación financiera de los organismos. Es conveniente utilizar indicadores de desempeño financiero y operativo para

evaluar la situación actual y el mejoramiento esperado. Los diagnósticos resultantes y las medidas de mejoramiento y modernización que se propongan deberán conformar planes de acción debidamente consensuados que aseguren el mejoramiento operativo y el equilibrio financiero de los organismos.

La gran mayoría de los organismos operadores en México requieren de fortalecimiento operativo e institucional para alcanzar niveles de eficiencia aceptables en la prestación del servicio pero solo algunos organismos están bien administrados. La organización interna de los organismos y su capacidad de gestión adolecen de deficiencias administrativas, financieras y operativas, generando por ejemplo altos niveles de agua no contabilizada y baja recaudación.

Es evidente que los problemas de los organismos operadores son complejos y su solución requiere de acciones coordinadas y sostenidas en diferentes áreas, algunas de ellas externas a los propios organismos, tales como las relacionadas con el entorno regulatorio.

Si bien es cierto que el Oomapas de Cajeme se encuentra con una calificación de aceptable en los tabuladores de eficiencia de la Comisión Estatal del Agua, siendo un organismo con una buena administración y gestión de recursos para la inversión en infraestructura, aún sus principales indicadores de eficiencia se encuentran por debajo de la media nacional.

En base a lo expuesto en los párrafos anteriores, existe la necesidad de realizar un estudio integral dentro de las áreas técnica y comercial del Oomapas de Cajeme que nos permita analizar y validar información de la operación del sistemas de agua potable en su cobertura del servicio, captaciones, volúmenes de agua producidos, eficiencias electromecánicas, red de distribución, balance hidráulico, registros de macro y

micromedición, estimación de volúmenes no facturados por estimación de consumos de usuarios en cuota fija e incidencias en las lecturas de los medidores, estimación del volumen perdido por fugas de agua en el sistema.

Los estudios de diagnóstico y planeación integral generarán información relativa a la operación de los sistemas sobre aspectos técnicos y comerciales que coadyuvarán a establecer una planeación integral de corto y mediano plazo; señalando las acciones a implementar y sus inversiones respectivas para poder así, impulsar la el mejoramiento de las eficiencias del organismo.

Delimitantes

La realización del estudio de diagnóstico sólo cubrirá una evaluación de tipo integral del área técnica con la finalidad de identificar las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en los indicadores de eficiencia física, se realizará con base en la información proporcionada por el organismo operador, durante la evaluación se atenderán los siguientes aspectos:

- Aspectos técnicos
 - Determinación de volúmenes de agua producida y facturada.
 - Rendimiento de la red de agua potable.
 - Determinación de la eficiencia física en el sistema.
 - Modelo y sectorización hidrométrica (propuesta).
- Aspectos comerciales.
 - Determinación de volúmenes de agua facturada.
 - Determinación de volúmenes por tipo de usuario.

- Estimación de agua NO facturada.

Con base en el diagnóstico se identificarán todas aquellas acciones realizadas así como las acciones y necesidades de inversión requeridas para resolver de manera inmediata, problemas que no puedan ser postergados. Se pueden definir como acciones contingentes aquellas que atiendan la resolución de los problemas identificados en la etapa de diagnóstico y que están vinculadas al incremento y control de eficiencias técnicas y comerciales.

Capítulo II. Marco Teórico

Resulta fundamental conocer conceptos y términos referentes al tema de la eficiencia de agua potable, esto con el propósito de proporcionar una clara idea del funcionamiento y operación de un organismo operador de agua potable, y que sirva para el análisis y desarrollo del tema, objeto de este estudio. De tal manera que resulte más sencillo entender y recopilar toda la información técnica y comercial disponible para realizar la investigación, dicha información debe considerar los términos técnicos y comerciales. Esta información permite conocer y determinar las condiciones que prevalecen en la operación y funcionamiento de la infraestructura hidráulica y la calidad del servicio que ofrece un organismo operador, lo cual permitirá realizar el análisis de cálculo y evaluación de las eficiencias del servicio de agua potable.

Agua potable

Líquido incoloro, insípido e inodoro que se puede encontrar en estado natural o ser producido a través de un proceso de purificación. Sirve para el consumo humano y animal. (CONAGUA, 2009)

Cobertura de agua potable

La cobertura del servicio de agua potable de una comunidad se refiere al total de habitantes de una población que cuentan con el servicio de agua potable y para obtener su porcentaje se recopila y analiza la información de las dependencias oficiales (INEGI) y del organismo operador, con el fin de conjuntar la información de las fuentes para obtener el

dato actualizado de la cobertura del servicio e identificar las zonas sin servicio de agua potable. (CONAPO, 2005).

Captaciones

Se refiere a las fuentes de abastecimiento con las que cuenta el organismo operador para realizar el proceso de potabilización y cubrir la demanda de agua potable a la ciudad.

Directamente el sitio del cual se toma el agua para suministro en el sistema de distribución.

Volumen producido

Es el volumen de agua que el organismo operador extrae de sus fuentes de abastecimiento, se debe de contar con registros sobre producción mensual por fuente de abastecimiento, y junto con la información que se obtenga de las políticas de operación de las captaciones, se puede determinar la capacidad máxima de extracción instalada y el gasto medio diario extraído de cada captación. Además de poder determinar el volumen total extraído en el sistema.

Demanda

Volumen total de agua requerido por una población en un periodo de tiempo, para satisfacer todos los tipos de consumo, incluyendo las pérdidas en el sistema. (CONAGUA, 2009).

Dotación

Cantidad de agua potable asignada a cada habitante en un día medio anual, considerando su consumo, más la parte proporcional de los servicios comercial e industrial, y de las

pérdidas físicas que existen en el sistema de distribución; su unidad es litros por habitantes por día, (l/hab/día). (CONAGUA, 2009).

Consumo de agua

Volumen de agua utilizado para cubrir las necesidades de consumos reales de los usuarios. Hay diferentes tipos de consumos los cuales son: doméstico, comercial e industrial. (CONAGUA, 2009).

Cobertura de macromedición

Se refiere al número de captaciones en operación que cuentan con equipo de medición, equipos de medición funcionando y equipos de medición funcionando dentro de los límites de precisión establecidos en la normatividad vigente.

Líneas de conducción

Son los elementos que sirven para transportar el agua de un lugar a otro de forma continua, pudiendo funcionar a presión o a superficie libre. (CONAGUA, 2009).

Cuando se evalúan las condiciones para el manejo del agua a nivel de macro-distribución, se recopila y analiza la información referente a la infraestructura de conducción, alimentación e interconexión que existe en el sistema de abastecimiento. El análisis debe enfocarse a la valoración de la capacidad de la infraestructura y al planteamiento, en caso de que se requiera, de nuevos esquemas de macro distribución a nivel de gran visión.

Potabilización y control de la calidad del agua

La potabilización y control de la calidad del agua que es suministrada a la población, es referente a la infraestructura de potabilización, el sistema de cloración en todos sus aspectos (equipos instalados, tipo de desinfectante utilizado o compuesto de cloro empleado, sitios de aplicación, equipo y material utilizado, cloro residual en la red, etc.).

Tanques de regulación

Depósitos que tienen por objeto transformar un gasto, normalmente constante, a otro gasto variable según la demanda. (CONAGUA, 2009).

Existen diferentes tipos de infraestructura para almacenamiento y regularización del agua potable, el diseño de dicha infraestructura está basado en la capacidad de regularización demandada en condiciones actuales y de proyecto, además de compararse con la capacidad existente para obtener los requerimientos por sector y del sistema en su conjunto.

Red de distribución y balance hidráulico por sectores

Red de distribución: es el sistema de tubos que conduce el agua potable para el consumo de los usuarios. (CONAGUA, 2009).

Sectorización: separación de la red de distribución en zonas aisladas físicamente entre ellas, con su propia fuente de suministro de agua. (CONAGUA, 2009).

Con el objeto de evaluar las condiciones que predominan, respecto a la calidad y equidad del suministro y distribución del agua en el sistema de abastecimiento, se recopila y analiza la siguiente información:

- Las políticas de operación que aplica el organismo operador para distribuir el agua.
- Los reportes de los usuarios por concepto de: fugas, faltas de agua y bajas presiones en la red.
- La antigüedad de la infraestructura de distribución.

Esta información debe ser recopilada por colonia o sector de distribución para identificar las zonas con mayor problemática de incidencia de fugas y de falta de agua. Se realiza el balance entre la oferta y la demanda de agua para condiciones actuales y futuras por sector o subsistema, con el objeto de evaluar el manejo y distribución del agua.

Por otro lado, se determina el índice de continuidad del servicio y el porcentaje de utilización de la red a partir de la información que el organismo operador cuente, con respecto a las políticas de operación aplicadas en la distribución del agua a cada colonia o sector. Por último, con base en la información existente, se identificarán las zonas con mayor incidencia de fugas debiéndose entregar un informe en donde se jerarquice de mayor a menor las zonas con mayor incidencia de fugas.

Análisis y determinación del volumen de agua no contabilizada (eficiencia física)

Fugas: se refiere al escape físico de agua en una red de tuberías de agua potable.

Fugas latentes: son fugas que permanecen en la red de distribución y que por su magnitud y origen no pueden ser detectadas ni reparadas.

Pérdida de agua: es el volumen de agua que entra en el sistema de distribución de agua, que no es consumido, ni medido y no se factura. (CONAGUA, 2009).

Para calcular las pérdidas de agua potable (física y comercial) y determinar la eficiencia física con la que opera el sistema, se debe de contar con la siguiente información.

Consumos per-cápita por tipo de usuario: es el consumo total de agua de los usuarios del sistema, se recopilará y analizará la información del padrón de usuarios y la información de los registros de consumo de los diferentes usuarios que están bajo el régimen de servicio medido agrupados por tipo y rango de consumos, correspondiente al último año de facturación, obteniendo así los consumos medidos (Cm).

Estimación de volúmenes no facturados: estimación de consumos de usuarios en cuota fija e incidencias en las lecturas de los medidores, en este punto se refiere al cálculo con base en la información proporcionada por el organismo operador y en los resultados que se pudieran obtener en campo, el volumen de agua que no se factura por concepto de error en la estimación de los consumos de los usuarios domésticos que están dentro del régimen de cuota fija y por error en la estimación de los consumos de los usuarios que están dentro del régimen de servicio medido pero que por alguna incidencia no se leen los aparatos de medición.

Estimación del volumen perdido por fugas de agua en el sistema: para la determinación del volumen de agua que se pierde en las fugas que se presentan en el sistema de distribución de agua potable, se debe de realizar un análisis que permita estimar de manera aceptable el porcentaje de pérdidas que se pierde en el sistema de abastecimiento, partiendo para ello de los conceptos establecidos en la metodología recomendada por la CONAGUA para la determinación del volumen de agua que se pierde en las tomas y en la red de distribución.

De igual manera que en el cálculo del volumen perdido en las tomas, se deberá calcular el volumen que se pierde en la red de distribución en servicio continuo y considerando el porcentaje de utilización de la red (servicio *tandeado*), en caso de que este sea el esquema de operación del sistema. El volumen total de agua que se pierde en el sistema de distribución es la suma los volúmenes perdidos en las tomas y en la red, el cual al dividirse entre el volumen producido se obtiene el porcentaje de pérdidas físicas del sistema.

Eficiencia física en el sistema de agua potable

Es la capacidad de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores, con un servicio de calidad total. (CONAGUA, 2009).

Con la información recopilada y con los resultados de los análisis efectuados se puede determinar la eficiencia física del sistema de abastecimiento, incluyendo dentro del agua no contabilizada las pérdidas físicas (fugas en redes y tomas) y las pérdidas comerciales (error por micromedición, error por estimación de cuota fija, error por incidencias en la toma de lecturas y clandestinaje).

La rentabilidad del servicio de agua potable es el producto de la eficiencia física por la comercial, es decir, el volumen de agua cobrado a los usuarios respecto al total suministrado al sistema de abastecimiento, lo que da origen a la eficiencia global.

$$1. \quad \text{Eficiencia física } E_{\text{fis}} = \frac{\text{Volumen facturado}}{\text{Volumen producido}} \quad \text{en \%}$$

$$2. \quad \text{Eficiencia comercial } E_{\text{comer}} = \frac{\text{Monto cobrado en el período}}{\text{Monto facturado}} \quad \text{en \%}$$

$$3. \quad \text{Eficiencia global (Eglob)} = E_{\text{fis}} \times E_{\text{comer}} \quad \text{en decimales, resultado en \%}$$

Cálculo estandarizado de la IWA para el balance hidráulico

Según la Asociación Internacional del Agua (International Water Association-IWA), un balance hídrico tiene como objetivo investigar y tomar en cuenta cada componente de agua que se extrae y abastece a un sistema de suministro de agua dentro de un determinado período de tiempo. Un balance hídrico bien definido constituye el primer paso para la evaluación de agua que no produce ingresos y para el manejo de fugas en las redes de distribución de agua. Por ello, se realizó un balance hidráulico según los criterios que señala la IWA, de manera que pueda ser comparable con otros indicadores y balances obtenidos según el mismo método.

A continuación se ofrece una visión general de los requisitos, información necesaria y una ejecución paso a paso del balance hídrico.

Requisitos para el cálculo del balance hídrico.

Para llevar a cabo el balance hidráulico es fundamental trabajar de acuerdo con la terminología estándar de la IWA descrita en la tabla 2.

Tabla 2 Terminología y Clasificación del Agua

Volumen de entrada al sistema Q_i	Consumo Autorizado Q_A	Consumo autorizado facturado Q_{AF}	Agua facturada exportada	Agua facturada	
			Consumo facturado medido		
			Consumo facturado no medido		
	Consumo autorizado no facturado Q_{AuNF}	Consumo autorizado no facturado Q_{AuNF}	Consumo no facturado medido	Agua no facturada	
			Consumo no facturado no medido		
			Pérdidas de Agua Q_P		Pérdidas Reales o Físicas Q_{PR}
	Pérdidas Aparentes o Comerciales Q_{PA}	Inexactitud de los medidores y errores de manejo de datos			
		Fugas en las tuberías de abducción y distribución			
Fugas y reboses en tanque de almacenamiento					
	Fugas en conexiones de servicio hasta el punto del medidor del cliente				

Para el cálculo del balance hidráulico es necesario la información detallada que se muestra en la tabla 3, clasificada ya de acuerdo a los pasos de trabajo necesarios definidos en el procedimiento de trabajo. La unidad estándar a utilizar es $m^3/año$.

Tabla 3. Información Detallada para el Balance Hidráulico

Paso	Información necesaria	Fuente
1	Medidas de los medidores de masa existentes (producción)	División de Operaciones y Mantenimiento (O&M), registros de facturación, registro de red
	Medidas de los medidores portátiles de flujo	Investigaciones de campo, para estimar la producción de agua no medida, si Q_1 no se logra medir en su totalidad.
2	Agua Exportada	División de O&M, registros de facturación, registro de red
	Agua utilizada por todos los usuarios medidos facturados	Registro de facturación, registro de red
	Agua utilizada por todos los usuarios no medidos facturados	Domésticos: MIU / MZ (Monitoreos Individuales o por Zonas) No domésticos: estudios, estimaciones bibliográficas, etc.
3	Agua utilizada por todos los usuarios no medidos y no facturados y usuarios autorizados	Aquellos como pueden ser irrigación de parques, limpieza de calles con agua, brigadas de bomberos
	Agua utilizada por todos los usuarios medidos no facturados y usuarios autorizados	Registros de facturación, registro de red (Ej. edificios municipales, camiones cisterna)
4	Agua utilizada por la propia empresa de agua (para usos operativos tales como limpieza de redes y filtros)	Estimaciones / estudios Estimación (Mutschmann, 1995): 1.3-1.5 % de Q_1 (con tratamiento), 1 % de Q_1 (sin tratamiento)
5	Estimados del consumo de conexiones ilegales Estimados del consumo de medidores rotos o puenteados	Registros anteriores, estudios casa por casa en la zona de prueba Estimación (DVGW W392, 2003): $Q_{AL} \gg 3-5\%$ de Q_1
6	Pérdida de agua a causa errores en el manejo de la información	Estimaciones / estudios (0.25 % de Q_1 (Thornton, 2008)

Procedimiento de trabajo

Ejecución paso a paso del balance hídrico, el cálculo del balance hídrico puede dividirse en seis pasos:

1. Determinación del volumen de ingreso del sistema QI
2. Determinación / estimación del consumo autorizado facturado QAF
3. Determinación /estimación del consumo autorizado no facturado QAuNF
4. Cálculo del consumo autorizado $QA = QAF + QAuNF$
5. Estimación de las pérdidas aparentes QPA
6. Cálculo de las pérdidas de agua reales $QPR = QP - QPA$

Programa de Inversiones

Con base en el diagnóstico desarrollado durante el estudio se identificarán aquellas acciones realizadas así como las acciones y necesidades de inversión requeridas a fin de actualizar y redefinir un Programa de Inversiones para resolver, de manera inmediata, problemas que no puedan ser postergados. Se pueden definir como acciones contingentes aquellas que atiendan la resolución de los problemas identificados en la etapa de diagnóstico y que están vinculadas al incremento y control de eficiencias técnicas y comerciales como son:

- Acciones de incremento y control de la eficiencia física.
 - Detección y corrección de fugas en redes, tomas y cajas de válvulas
 - Sectorización de la red de distribución
 - Macromedición
 - Catastro de infraestructura
 - Control operacional
- Acciones para incremento y control de la eficiencia comercial
 - Incremento de los ingresos (recuperación de Rezagos).

- Corrección de errores de micromedición
- Localización y regularización de tomas clandestinas
- Micromedición
- Padrón de usuarios
- Facturación y cobranza
- Revisión de estructuras tarifarias
- Atención de usuarios

De igual forma, se deberán identificar aquellas acciones y proyectos prioritarios a ser desarrollados en el mediano y largo plazo con proyectos priorizados respecto a los beneficios económicos, sociales y ecológicos que se estimen para cada uno de ellos. Dichas acciones y proyectos estarán vinculados principalmente al incremento en las coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento de los servicios.

Capítulo III. Metodología

Para lograr el objetivo general, que permita obtener un panorama de diagnóstico actual del Oomapas de Cajeme y poder realizar una planeación estratégica se plantea el siguiente procedimiento:

Tipo de investigación

Debido al tipo de estudio a realizar y la cobertura que tendrá la investigación, dentro de un organismo operador municipal de agua potable, el estudio será de tipo exploratorio, explicativo ya que se pretende obtener un panorama general del funcionamiento de las áreas técnica y comercial, y descriptivo será debido a la recolección de información, medición y cálculos para obtener los índices de eficiencias física, comercial y global; además de realizar un plan para el desarrollo y mejora de la eficiencia.

Diseño de la investigación.

Para obtener respuestas a las preguntas planteadas en el inicio de la investigación, y cumplir con los objetivos del estudio, se plantean las actividades de recolección de datos técnicos como: porcentajes de cobertura del servicio de agua potable, cálculos y proyecciones de la población, medición de caudales en las fuentes de abastecimiento, cálculos de pérdidas de agua en la redes de distribución, errores de medición en lecturas de micro medidores. Por lo tanto para realizar el estudio la investigación será de tipo no experimental.

Participantes.

Las áreas de investigación dentro del Oomapas de Cajeme y personal que participó en el estudio, debido que es donde se encuentra la información útil para el proyecto, fue la siguiente:

- Dirección técnica
- Gerencia de plantas potabilizadoras.
- Gerencia de mantenimiento de redes de agua potable.
- Gerencia de planeación y proyectos.
- Dirección comercial
- Gerencia de padrón de usuarios.
- Gerente de verificación y lectura.
- Gerencia de informática.
- Recolección de datos.

Para efecto del presente estudio se tomó el área urbana de Cd. Obregón, se recabó información histórica dentro del organismo operador sobre la cobertura del servicio de agua potable, la oferta actual para el abastecimiento de este servicio, niveles de eficiencia actuales, demanda del servicio en diferente época del año, gastos anuales y mensuales de las fuentes de abastecimiento, catastro de la red de agua potable, información del padrón de usuarios actual del organismo.

Procedimiento.

Elaborar un diagnóstico del Oomapas de Cajeme de los servicios de agua potable que presta y su entorno.

El diagnóstico proporciona la información general de los indicadores técnicos y comerciales, los cuales serán base para analizar la eficiencia física del Oomapas de Cajeme, así como el potencial que tiene para extender y mejorar la cobertura y calidad de los servicios prestados.

Con los datos del diagnóstico, las tendencias y planes existentes o deseados del organismo operador, se calcularon las proyecciones de los indicadores técnicos y comerciales requeridos para lograr servicios óptimos, eficiencia y eficacia administrativa y gestión autosuficiente.

Se determinaron las oportunidades en el área técnica del organismo operador para mejorar su eficiencia física, además de contemplar los elementos externos al organismo identificando las fortalezas y debilidades que puedan afectar al desarrollo del estudio.

Capítulo IV. Resultados y Discusión

En este capítulo se recopila y analiza la información respecto a: los registros de consumo de los diferentes usuarios según el tipo y rango de consumos, correspondientes al último año de facturación, para determinar los consumos medidos y estimar los volúmenes no facturados por usuarios de cuota fija y por incidencias en las lecturas de los medidores. A su vez se llevó a cabo la estimación del volumen perdido por fugas de agua en el sistema por medio de un análisis que permitió estimar el porcentaje de pérdidas en el sistema de abastecimiento. Con la información recopilada se determinó la eficiencia física del sistema, incluyendo en el agua no contabilizada las pérdidas físicas (fugas en redes y tomas) y las pérdidas comerciales.

Datos de partida

Para determinar la Eficiencia Física se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia física } E_{\text{fis}} = \frac{\text{Volumen facturado}}{\text{Volumen producido}} \quad \text{en \%}$$

Para ello se tuvo que identificar perfectamente los valores de volumen producido (el agua aportada al sistema) y el volumen facturado. Además, para el cálculo de rendimientos propios de la red se deben conocer o estimar los volúmenes registrados y los volúmenes reales consumidos. Mientras que los primeros son relativamente fáciles de determinar, el último es mucho más complicado ya que pudieran presentarse distintos tipos de consumo según se muestra en el apartado siguiente.

Clasificación de los consumos en la red

El volumen de agua suministrada (producida) a la red de distribución se divide en volumen registrado y volumen no registrado. Dentro de esta división el volumen no registrado, puede ser registrado mediante la colocación de aparatos para medición de flujos (micromedidores), mientras que el no registrable puede ser inviable su medición, debido a la dificultad intrínseca de su medición (por ejemplo tomas de bomberos que no pueden tener elementos que disminuyan el caudal) o al excesivo costo que se puede tener al instalar los dispositivos de medición para ello.

De acuerdo con esta clasificación los distintos consumos posibles se resumen en la tabla 4.

Tabla 4. Clasificación de consumos.

VOLUMEN REGISTRABLE	Consumos domésticos	
	Consumos comerciales	
	Consumos industriales	
	Consumos de instituciones oficiales	
	Consumos Tomas para Construcción	
VOLUMEN NO REGISTRADO REGISTRABLE	Consumos públicos	Riego y limpieza de calles Ejecución de obras en la vía pública Riego de jardines públicos Fuentes y pilares públicos Espectáculos y ferias
	Consumos propios de la red	Limpieza de la red de alcantarillado
	Consumos particulares	Fraudes/ clandestinos Riego de jardines privados Sistemas contra incendios
	Consumos públicos	Parque de bomberos / lucha contra incendios
VOLUMEN NO REGISTRADO NO REGISTRABLE	Consumos propios de la red	Rupturas de líneas de conducción Errores en micromedidores Pérdidas en dispositivos fugas

De acuerdo con este esquema debe cumplirse que el total del volumen aportado al sistema (volumen producido) debe coincidir con la suma total de consumos o suma de los volúmenes registrados y no registrados.

A partir de la definición y conocimiento del tipo de consumos se pueden tomar las medidas para corregir las posibles diferencias que se encuentren y lograr que los consumos que existen puedan estar controlados y medidos en el mayor porcentaje posible.

Volumen registrado y volumen facturado.

En primer lugar deberemos diferenciar entre el consumo registrado y el facturado. Por un lado tenemos el volumen registrado que no tiene por qué coincidir con el volumen facturado. A continuación se enlistan diferencias entre ambos tipos de volúmenes:

- Existen volúmenes registrados que no son facturados, como puede ocurrir en el caso de instituciones oficiales, parque de bomberos, riego, fuentes, etc., o bien se factura un volumen fijo mensual, como ocurre con el agua para riego y fuentes públicas, facturando al ayuntamiento un consumo fijo de 48 m³/mes.
- Existen numerosos usuarios o tomas cuyo volumen no es medido o registrado pero que sí se facturan como fijos con una medición estimada, que para el caso de Ciudad Obregón suponen por encima de un tercio del total de usuarios.
- Existen tomas en un gran número que se encuentran etiquetadas dentro del padrón de usuarios del organismo como tomas muertas y deshabitadas (en un orden por encima del 20% del total de tomas) cuyo consumo en teoría es nulo y a los cuales se les factura 1 m³ mensual.

- La limpieza de la red de alcantarillado que se realiza a través de equipos de desazolve, pero dichos equipos se abastecen de agua a la salida de una de las planta potabilizadoras y lo realizan antes del medidor de salida que proporciona el dato de volumen aportado a la red (volumen producido en la planta), por lo que en este caso, y aunque dicho volumen puede ser o no registrado, no será facturado y no interviene en la eficiencia del sistema de abastecimiento como tal aunque, eso sí, deberá ser considerado en las pérdidas producidas en la planta potabilizadora.
- El consumo para espectáculos y ferias se suele derivar a partir de una toma ya existente, por lo que su registro dependerá de si el volumen en esa toma concreta es registrado o no (consumo medido o estimado) y, consecuentemente, la facturación del mismo.

Volumen producido

Para determinar el volumen producido, el organismo operador ha facilitado los datos de los volúmenes producidos en estos últimos años, desglosados por cada una de las fuentes existentes dentro de la zona urbana de Cd. Obregón. Los datos son los que se reflejan en la tabla 5.

Tabla 5. Volúmenes Producidos por Fuente en los últimos años.

FUENTE \ AÑO	2007	2008	2009	2010	2011
PLANTAS 1-2	20,191,145	22,166,517	22,563,064	24,071,283	22,469,950
PLANTAS 3-4	17,385,094	17,150,172	17,680,064	19,264,728	19,599,340
POZO CASABLANCA	1,038,542	1,339,849	1,219,793	1,822,514	1,888,088
POZO PONIENTE				296,278	392,479
TOTAL	38,614,781	40,656,538	41,462,921	45,454,803	44,349,858

Fuente: OOMAPAS de Cajeme

Estos volúmenes corresponden a las salidas de las fuentes de abastecimiento del sistema, es decir, a la salida de los pozos profundos de agua potable y de las plantas potabilizadoras, por lo que los datos de partida serán los que introduzcamos en la red, independientemente de los volúmenes perdidos tanto en la captación y conducción a las plantas como dentro de las mismas, al no ser ese el objetivo de la presente investigación.

Para establecer la eficiencia física se utilizaron los datos correspondientes a los años 2010 y 2011, como forma de verificar los resultados a la vez que ver su posible tendencia o evolución.

Volumen facturado

Atendiendo a los consumos facturados correspondientes a las áreas abastecidas por las fuentes consideradas dentro del volumen producido obtenemos los datos mostrados en la tabla 6, organizados por tipo según la clasificación del organismo operador.

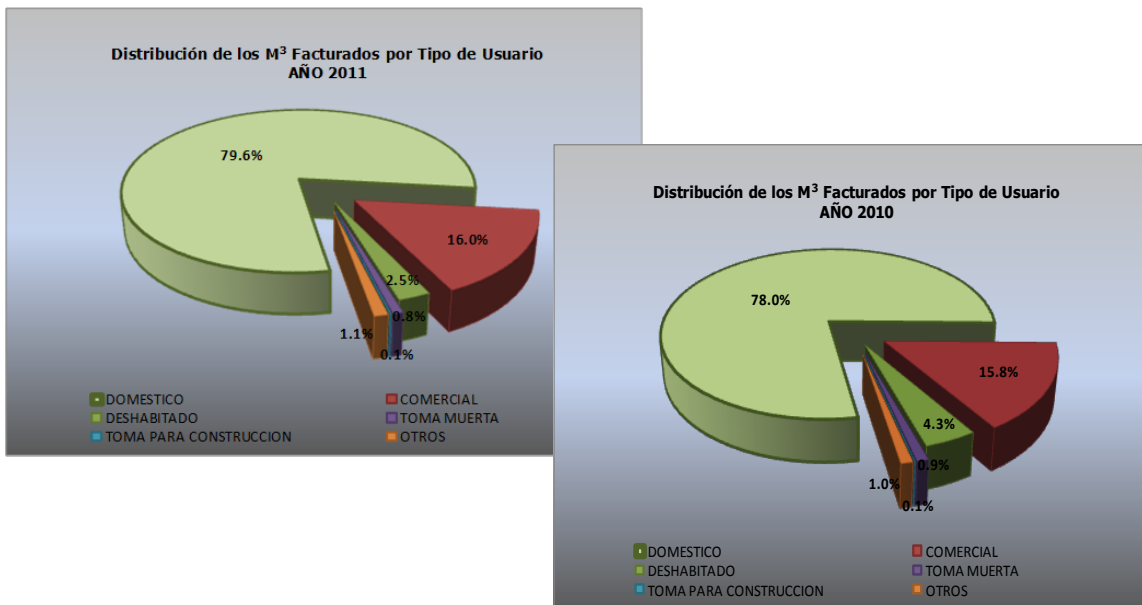
Tabla 6. Volúmenes Facturados por Tipo de usuario. Años 2010 y 2011.

TIPO DE USUARIO	M³ Facturados 2010	M³ Facturados 2011
COMERCIAL	3,456,005	3,597,031
DESHABITADO	932,634	557,257
DOMÉSTICO	17,120,898	17,882,358
ITSON Y SUS DEPENDENCIA	210,008	238,372
TOMA MUERTA	206,634	176,336
TOMA PARA CONSTRUCCIÓN	12,600	21,948
TOTAL FACTURADO	21,940,996	22,473,302

Fuente: OOMAPAS de Cajeme

En la figura 1 se puede apreciar de manera más clara la distribución de la facturación en función del tipo de usuario, comprobando que el consumo doméstico prevalece de manera clara.

Figura 1. Distribución de los M³ Facturados por Tipo. Años 2010 y 2011.



En el año 2010 la facturación mayoritaria corresponde a los consumos domésticos con un 78.0% del total facturado. En el año 2011, tuvo un incremento porcentual con un 79.6% del total de facturación. Estos datos muestran que sigue siendo el consumo doméstico el que presenta una facturación mayor, seguido, pero con demasiada diferencia, por la facturación del consumo comercial con un porcentaje del 16.0%.

Esa facturación corresponde, tal y como se indica en la tabla 7, al número de tomas por cada tipo de uso, así como el total, indicando el porcentaje de las mismas de las que se obtiene consumo medido.

Tabla 7. Clasificación de tomas en cantidad y porcentaje.

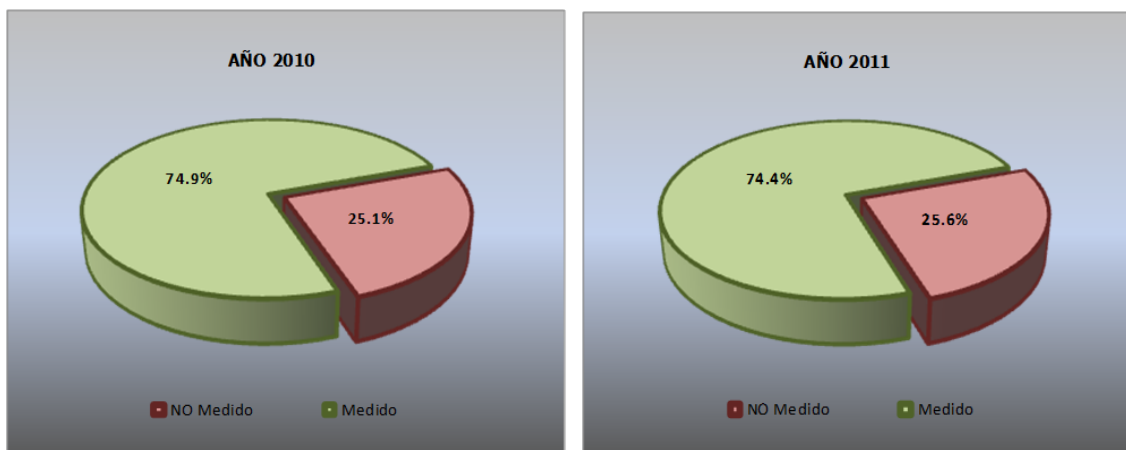
TIPO DE USUARIO	Año 2010		Año 2011	
	N° Tomas	% con Consumo Medido	N° Tomas	% con Consumo Medido
COMERCIAL	6,538	70.8%	6,676	73.1%
DESHABITADO	16,729	0.5%	18,030	0.3%
DOMÉSTICO	89,837	82.8%	91,262	82.7%
ITSON Y SUS DEPENDENCIA	25	92.0%	25	92.0%
TOMA MUERTA	9,349	0.1%	9,200	0.0%
TOMA PARA CONSTRUCCIÓN	121	42.1%	150	48.7%
TOTALES	122,599	64.6%	125,343	64.2%

Fuente: OOMAPAS de Cajeme

A partir de estos datos llegamos a la conclusión de que más de un tercio de los usuarios no cuentan con medidor, por lo que su consumo es estimado, siendo éste un porcentaje muy alto; si bien, en ese porcentaje estarían incluidos los deshabitados y tomas muertas, cuyo consumo debe ser inexistente y, en principio, no requerirían de medidor. Excluyendo estos dos grupos de la cuantificación global, obtendríamos para el año 2010 un total de 96,521 tomas, de las cuales el 82.0% cuenta con medidor y consumo medido, y para el año 2011 son 98,113 tomas, manteniéndose a pesar del incremento en su número, el 82.0% con consumo medido.

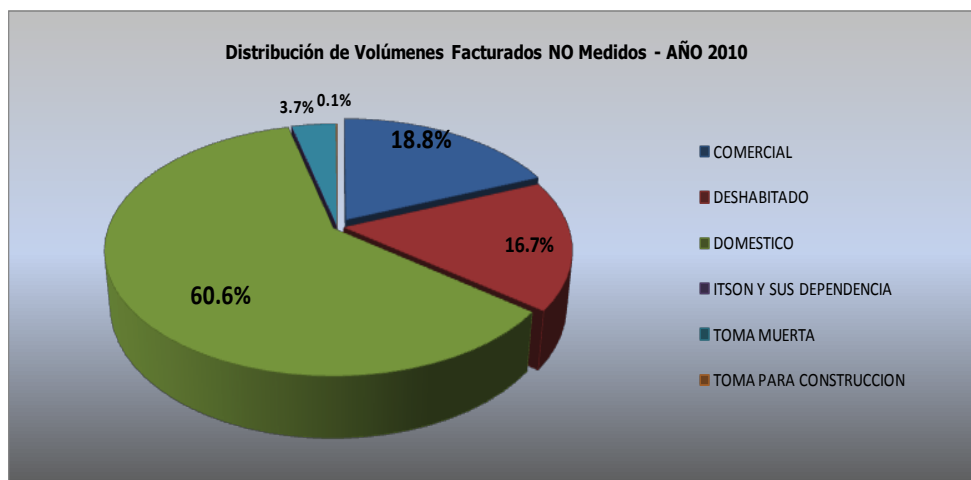
En cuanto a cómo se distribuye el volumen facturado, en medido y no medido o estimado, obtenemos la figura 2, correspondiente a los años 2010 y 2011.

Figura 2. Distribución de los M³ Facturados Medido o No Medido, años 2010 y 2011.



Se puede observar cómo aproximadamente, una cuarta parte del volumen facturado no se mide, pasando en la figura 3 a analizar la distribución de esos volúmenes no medidos según el tipo de usuario:

Figura 3. Distribución de Volúmenes Facturados NO Medidos. Año 2010.

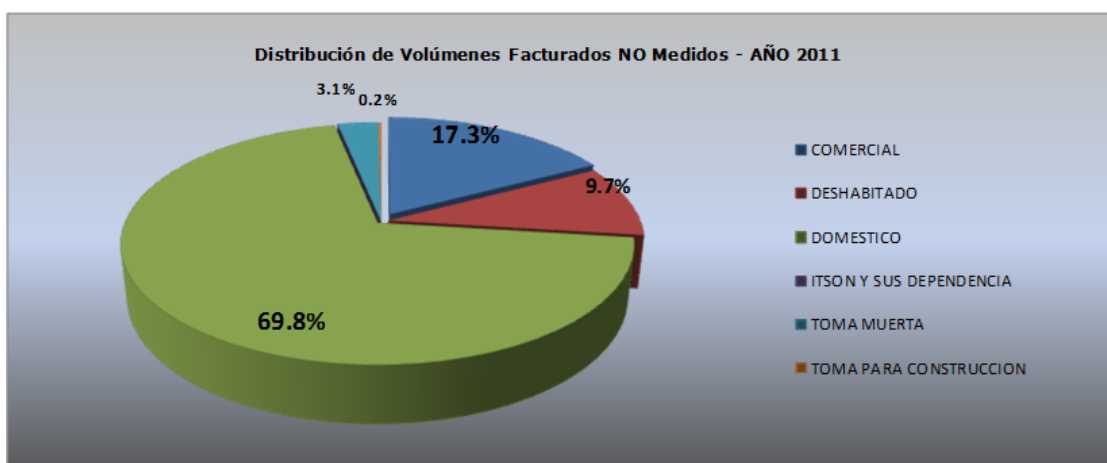


En el año 2010 se tiene que de los usuarios o tomas cuyo consumo no se mide es el 20.5% del volumen facturado correspondiente a usuarios calificados como Deshabitados o Tomas Muertas. La existencia de estos volúmenes sin medición se justifica debido a que,

aunque para este tipo de usuario el consumo teórico debe ser nulo, sin embargo, se factura 1.0 m³ mensual. Aún así, los datos más relevantes son los porcentajes correspondientes a usuarios domésticos y comerciales, para el caso de los usuarios domésticos se tiene un porcentaje por encima del 60% del volumen total facturado no medido que corresponde a poco más del 17.0 % de las tomas así definidas, a las que se le aplica un consumo fijo de 26 m³ al mes. Para el caso de los usuarios comerciales se tiene un porcentaje aproximado del 19% del volumen total facturado no medido que corresponde aproximadamente al 30% de las tomas así definidas.

Por regla general del organismo operador, a tomas de uso doméstico a las que se les aplica un consumo fijo se les factura a razón de 26 m³ al mes, mientras que para las de uso comercial con ese mismo sistema de facturación se realiza a razón de 48.0 m³ al mes.

Figura 4. Distribución de Volúmenes Facturados NO Medidos. Año 2011.



En el año 2011 el 12.7 % del volumen facturado, correspondiente a usuarios con consumo fijo, corresponde a usuarios calificados como Deshabitados o Tomas Muertas (ver figura 4), lo que supone un importante descenso en relación al año anterior debido en gran

parte a la campaña de detección de usuarios calificados como Deshabitados que en realidad no cumplían tal condición. Sin embargo, los porcentajes correspondientes a usuarios domésticos y comerciales siguen siendo muy elevados. En concreto, el porcentaje que representa el volumen facturado de los usuarios domésticos dentro de la facturación de usuarios sin medición de consumo presentó un incremento cerca del 70% del volumen total facturado no medido, con un porcentaje similar al del año anterior (algo más del 17% de las tomas así definidas) pero en valores absolutos con un número mayor de ellas, pasó de las 15,413 tomas en el 2010 a las 15,778 de 2011. Para el caso de los usuarios comerciales sí presentó una reducción en el volumen así facturado, al reducirse el número de tomas comerciales con consumo fijo, pasó de los 1,909 del 2010 a los 1,795 en el año 2011.

Volúmenes facturados medidos

En la tabla 8 se muestran los valores de los volúmenes facturados que han sido medido.

Tabla 8. Volúmenes Facturados Medidos por Tipo de usuario. Año 2010 y 2011.

TIPO DE USUARIO	M3 Facturados MEDIDOS 2010	M3 Facturados MEDIDOS 2011
COMERCIAL	2,421,379	2,604,461
DESHABITADO	10,443	1,178
DOMÉSTICO	13,777,574	13,872,523
ITSON Y SUS DEPENDENCIA	209,168	237,685
TOMA MUERTA	1,065	16
TOMA PARA CONSTRUCCIÓN	7,876	12,351
TOTAL FACTURADO	16,427,505	16,728,214

Volúmenes facturados no medidos

En la tabla 9 se muestran los valores de los volúmenes facturados que NO han sido medidos:

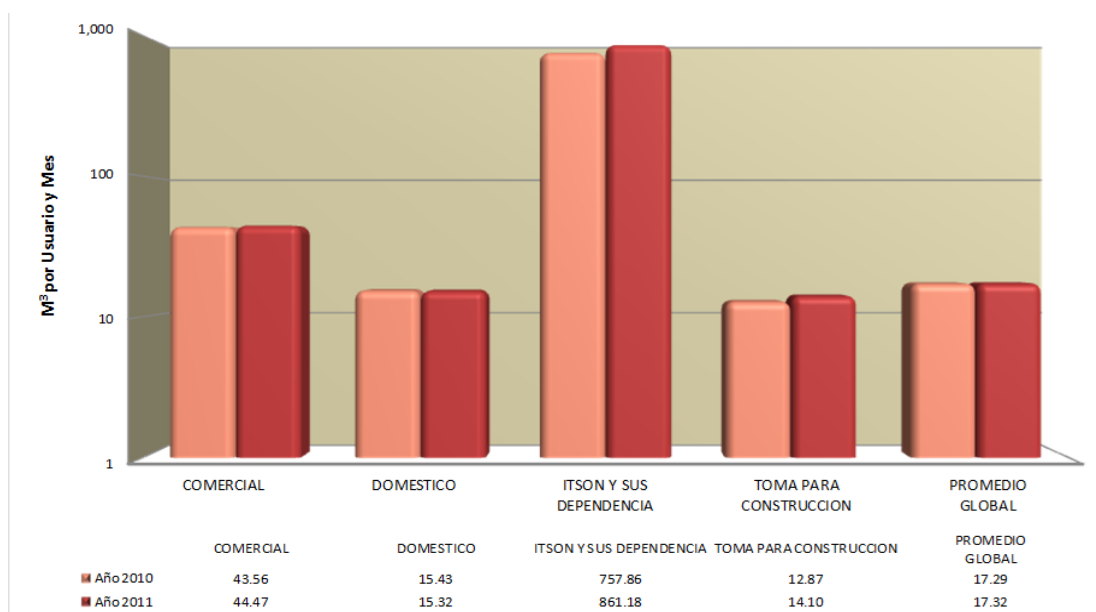
Tabla 9. Volúmenes Facturados NO Medidos por Tipo. Año 2010 y 2011.

TIPO DE USUARIO	M3 Facturados NO MEDIDOS 2010	M3 Facturados NO MEDIDOS 2011
COMERCIAL	1,036,843	992,570
DESHABITADO	922,191	556,079
DOMÉSTICO	3,343,324	4,009,835
ITSON Y SUS DEPENDENCIA	840	687
TOMA MUERTA	205,569	176,320
TOMA PARA CONSTRUCCIÓN	4,724	9,597
TOTAL FACTURADO	5,513,491	5,745,088

Fuente: OOMAPAS de Cajeme

La mejor manera de cuantificar los volúmenes no medidos, a partir de los datos e información existente, fue aplicar en aquellas tomas que no cuentan con medición las dotaciones medias por tipo de usuario, obtenidas a partir de los volúmenes facturados y medidos. Los valores medios de las dotaciones son los reflejados en la figura 5.

Figura 5. Dotación Media por Toma Medida y Tipo de Usuario.



Para analizar consumos estimados no sólo se aplicó el dato de dotación por tipo de usuario para aquellos que no cuentan con medición y disponen de facturación mediante consumo fijo (26 m³/mes para domésticos y 48 m³/mes para comerciales), sino que se tuvo que tomar en cuenta que el consumo de 1.0 m³ atribuido a tomas muertas y deshabitados no es el consumo real. La estimación de estos consumos tuvo que ser realizada en base a los usuarios con consumos fijos por colonia y los consumos promedios obtenidos en cada una, al comprobar que estos son bastante dispares entre sí, y salvando aquellos valores que puedan alterar el valor promedio por tipo de uso. Los valores obtenidos se resumen en los datos mostrados en la tabla 10.

Tabla 10. Estimación de los Volúmenes Consumidos NO Medidos. Año 2010 y 2011.

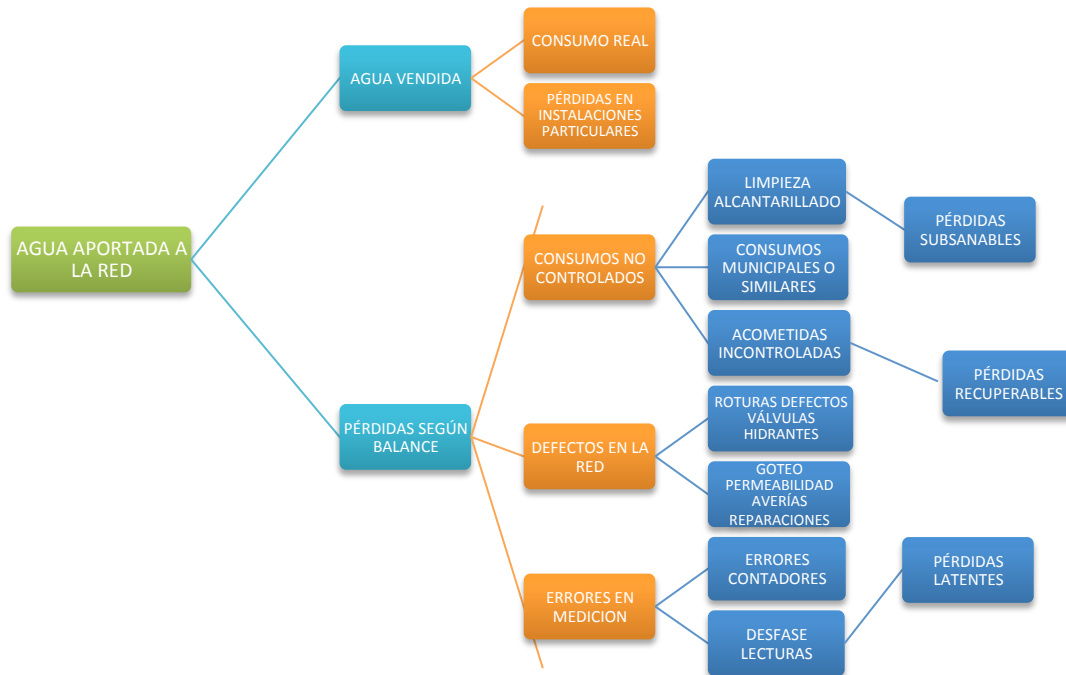
TIPO	M3 Consumidos 2010	M3 Consumidos 2011
COMERCIAL	918,611	863,633
DESHABITADO	0	0
DOMÉSTICO	2,737,349	2,807,708
ITSON Y SUS DEPENDENCIA	18,189	20,699
TOMA MUERTA	0	0
TOMA PARA CONSTRUCCIÓN	24,192	26,597
TOTAL FACTURADO	3,698,341	3,718,607

Fuente: OOMAPAS de Cajeme

Rendimiento de la red

En primer lugar se incluyeron unos conceptos básicos de cómo se producen el reparto de consumos en una red de distribución de agua potable. El rendimiento de la red se ve afectada por diversos factores. Las distintas situaciones que se presentan en un sistema de abastecimiento, donde se tiene que diferenciar el agua aportada, aquella agua facturada/medida y el volumen de pérdidas, lo cual se explica en la figura 6.

Figura 6. Esquema de Distribución de los Consumos en la Red.



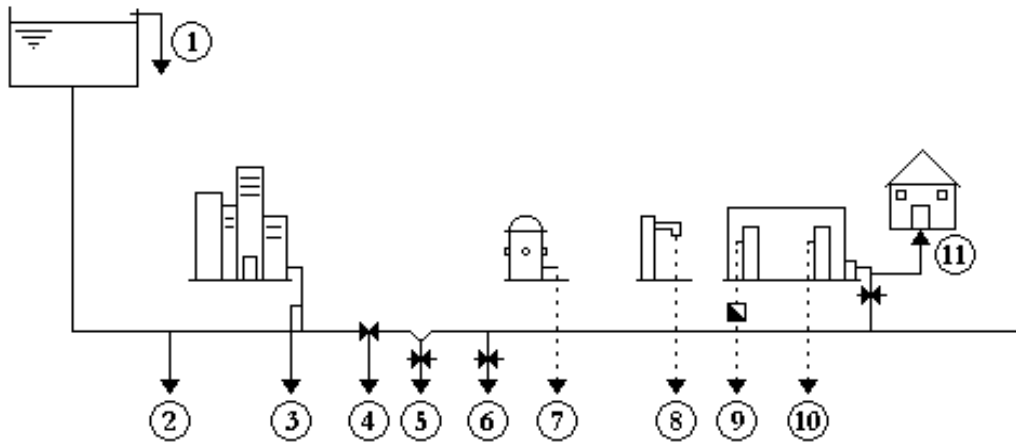
De este modo, se debe tener en cuenta la existencia de:

- Consumos no contabilizados, es decir, suministros “legales” de agua utilizados en alcantarillas, para mantenimiento y limpieza de la red de drenaje sanitario.
- Errores en los medidores domiciliarios debidos a los rangos de presión de los propios instrumentos, como a la existencia de medidores defectuosos.
- Defectos en la propia red de distribución de agua.
- Defectos latentes formados por pequeñas grietas, fugas en juntas, válvulas, etc., difíciles de detectar, cuya localización y reparación no es económicamente rentable.
- Fugas recuperables, cuya detección y localización son objeto de prevención, búsqueda y reparación.

Así, las pérdidas se pueden registrar en muchos puntos y debido a multitud de causas, ya que todos los elementos son susceptibles de un funcionamiento incorrecto, situación que se

debe analizar, prevenir y corregir. Un resumen de las causas más frecuentes que se originan cualquier tipo de pérdidas en una red de distribución, son las que se indican en la figura 7.

Figura 7. Principales causas de pérdidas en la Red de Distribución.

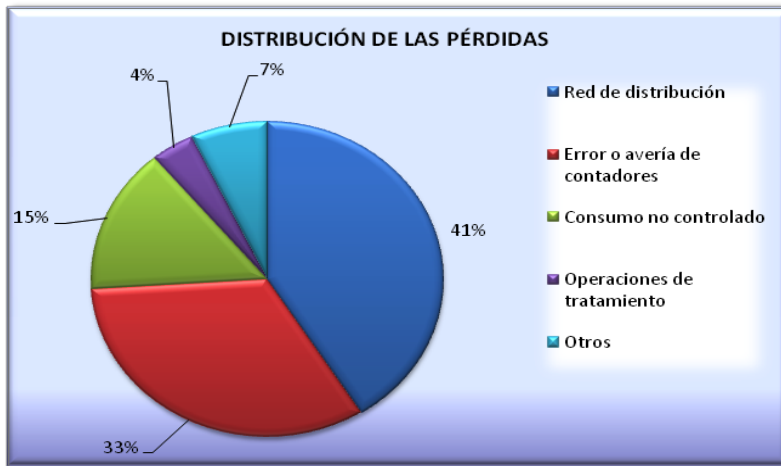


Siendo:

- 1: Pérdidas por derrames.
- 2: Pérdidas en la conducción.
- 3: Pérdidas en uniones.
- 4: Pérdidas en válvulas.
- 5: Pérdidas en desfuegos para limpieza.
- 6: Pérdidas en purga final de la red.
- 7: Pérdidas en hidrantes contra incendios.
- 8: Agua desperdiciada en fuentes.
- 9: Medidor defectuoso.
- 10: Instalaciones sin medidor.
- 11: Toma clandestina.

Una distribución porcentual habitual de las pérdidas de agua es la que se muestra en la figura 8.

Figura 8. Distribución porcentual habitual de pérdidas en sistemas de abastecimiento.



Para controlar el rendimiento, además de tomar las medidas pertinentes para mejorarlo, se utilizan los indicadores, ubicados dentro de los rangos con los que se establece un control global del abastecimiento mediante el control para cada período de facturación de los rendimientos hidráulicos:

- Eficiencia Física (Efis): Mide el porcentaje de pérdidas en la red en función del cociente entre volumen facturado y suministrado (producido) a la red o al sector. Es también denominado como Rendimiento Técnico Hidráulico (R.T.H.).
- Índice de Agua No Registrada (I.A.N.R.): Mide el porcentaje de agua no registrado en el sistema de abastecimiento o en cada sector en caso de que estos existan en función del volumen de agua suministrado o producido.

El primer parámetro mide porcentaje de agua facturada, mientras que el segundo pretende determinar el porcentaje de agua que ha sido producida pero no ha podido ser aprovechada para su consumo. En general, se aplica cuando el agua facturada es igual al agua registrada. Se deben de analizar ambos valores, ya que puede ocurrir que los valores

obtenidos para la eficiencia física se vean alterados por la eficiencia en la facturación y no determine de forma efectiva el rendimiento hidráulico del sistema o sector.

Así, se llevará a cabo una estimación del volumen NO Registrado, que deberá incluir a su vez la estimación de las pérdidas físicas en el sistema de abastecimiento, permitiendo obtener un porcentaje de pérdidas en función del volumen suministrado. Con la información recopilada se determinará la eficiencia física del sistema de abastecimiento, incluyendo dentro del agua NO contabilizada las pérdidas físicas (fugas en redes y tomas) y las pérdidas comerciales (ver tabla 11).

Tabla 11. Volúmenes Registrados y Estimación de los No Registrados. Año 2010 y 2011.

Descripción	M ³ Consumidos 2010	M ³ Consumidos 2011
Volumen Registrado		
· Comercial	2,421,379	2,604,461
· Deshabitado	10,443	1,178
· Doméstico	13,777,574	13,872,523
· Itson y sus Dependencia	209,168	237,685
· Toma Muerta	1,065	16
· Toma para Construcción	7,876	12,351
Total Volumen Registrado	16,427,505	16,728,214
Volumen NO Registrado		
· Consumos de usuarios en cuota fija	5,513,491	5,745,088
· Error en la estimación de los consumos fijos.	-1,815,150	-2,026,481
· Consumo Autorizado No Registrado.	1,590,918	1,552,245
· Incidencias en los medidores / Imprecisión Métrica – Error funcionamiento-Manejo de la Información	1,363,644	1,330,496
· Consumos No Autorizados (clandestinaje, reconexión, subsidio, etc.)	3,369,509	2,993,539
· Pérdidas Físicas (Fugas, averías, etc.)	19,004,886	18,026,757
Total Volumen NO Registrado	29,027,298	27,621,644

A partir de esta distribución es posible determinar la Eficiencia Física, tal así como otros indicadores que pueden resultar representativos del rendimiento de la red de abastecimiento.

Para determinar los consumos no autorizados se han mantenido diversas reuniones con el área comercial y, principalmente con el departamento de cortes para determinar su origen y poder cuantificarlos, al ser estas áreas las que disponen de información de primera mano en cuanto a clandestinos, reconexiones, etc. En concreto, las distintas formas de clandestinaje que se han considerado son: las tomas muertas o deshabitadas que no lo son y cuentan con un consumo normal, tomas muertas o deshabitadas que poseen conexión a la red y cuentan con un consumo mínimo (mantenimiento, limpieza, riego, etc.), tomas jaladas (distinguiendo entre las realizadas en vías con y sin pavimento), tomas de fraccionamiento nuevos, tanto viviendas como zonas verdes, que cuentan con conexión a la red pero no han sido dadas de alta y no se encuentran registradas en el padrón de usuarios, y usuarios tanto domésticos como comerciales de alto consumo con tomas derivadas o dobles. Para los volúmenes de cada uno de estos conceptos así como el total anual resultante, se propone un plan de muestreo para la detección y comprobación de las estimaciones iniciales realizadas.

El resultado del cálculo del balance hídrico fue un estimado de las pérdidas de agua globales reales QPR. Estas pueden ser desglosadas en los diferentes componentes del sistema, utilizando los resultados del proceso de evaluación y cuantificación de las pérdidas de agua reales. El balance hídrico se basa en una serie de estimaciones.

Resultados del balance hídrico (según método IWA).

Tabla 12. Resultados del Balance Hídrico. Año 2010.

Paso	Línea	Componente	Fuente	Abrev/Fórmula	Volumen [m ³ /año]	Prop. [%]
1	A	Ingreso al sistema	Medido	Q _I	45,454,803	100%
2	B	Agua Exportada	Medido			0.0%
	C	Consumo doméstico facturado medido	Medido		13,777,574	30.3%
	D	Consumo no doméstico facturado medido	Medido		2,649,931	5.8%
	E	Consumo doméstico facturado no medido	Estimación		3,343,324	7.4%
	F	Consumo no doméstico facturado no medido	Estimación		2,170,167	4.8%
		G	Consumo facturado autorizado	Suma B-F	Q _{AF}	21,940,996
3	H	Consumo doméstico no facturado medido	Medido			0.0%
	I	Consumo no doméstico no facturado medido	Medido			0.0%
	J	Usuarios autorizados no facturados medidos	Medido			0.0%
	K	Consumo doméstico no facturado no medido	Estimación		-605,975	-1.3%
	L	Consumo no doméstico no medido no facturado	Estimación		-1,209,175	-2.7%
	M	Usuarios autorizados no facturados no medidos	Estimación		1,590,918	3.5%
4	N	Agua utilizada por la empresa de agua	Estimación			0.0%
	O	Consumo autorizado no facturado	Suma H-N	Q _{AuNF}	-224,232	-0.5%
	P	Consumo autorizado	Suma G+O	Q _A =Q _{AF} +Q _{AuNF}	21,716,764	7.8%
5	Q	Consumo a través de conexiones ilegales	Estimación		3,369,509	7.4%
	R	Consumo a través de medidores rotos y puenteados	Estimación		1,251,825	2.8%
6	S	Pérdida de agua por errores de manejo de información	Estimación		111,819	0.25%
	T	Supuestas pérdida de Agua	Suma Q-S		4,733,153	10.4%
	U	Total pérdidas de Agua	Menos A-T	Q _p =Q _I -Q _A	23,738,039	52.2%
	V	Pérdidas reales de Agua	Menos U-T	Q _{PR} =Q _p -Q _{PA}	19,004,886	41.80%

Tabla 13. Resultados del Balance Hídrico. Año 2011.

Paso	Línea	Componente	Fuente	Abrev/Fórmula	Volumen [m ³ /año]	Prop. [%]
1	A	Ingreso al sistema	Medido	Q _I	44,349,858	100%
2	B	Agua Exportada	Medido			0.0%
	C	Consumo doméstico facturado medido	Medido		13,872,523	31.3%
	D	Consumo no doméstico facturado medido	Medido		2,855,691	6.4%
	E	Consumo doméstico facturado no medido	Estimación		4,009,835	9.0%
	F	Consumo no doméstico facturado no medido	Estimación		1,735,253	3.9%
	G	Consumo facturado autorizado	Suma B-F	Q _{AF}	22,473,302	50.7%
3	H	Consumo doméstico no facturado medido	Medido			0.0%
	I	Consumo no doméstico no facturado medido	Medido			0.0%
	J	Usuarios autorizados no facturados medidos	Medido			0.0%
	K	Consumo doméstico no facturado no medido	Estimación		-1,202,127	-2.7%
	L	Consumo no doméstico no medido no facturado	Estimación		-824,355	-1.9%
	M	Usuarios autorizados no facturados no medidos	Estimación		1,552,245	3.5%
4	N	Agua utilizada por la empresa de agua	Estimación			0.0%
	O	Consumo autorizado no facturado	Suma H-N	Q _{AuNF}	-474,236	-1.1%
	P	Consumo autorizado	Suma G+O	Q _A =Q _{AF} +Q _{AuNF}	21,999,066	49.6%
5	Q	Consumo a través de conexiones ilegales	Estimación		2,993,539	6.7%
	R	Consumo a través de medidores rotos y puenteados	Estimación		1,221,395	2.8%
6	S	Pérdida de agua por errores de manejo de información	Estimación		109,101	0.25%
	T	Supuestas pérdida de Agua	Suma Q-S		4,324,035	9.7%
	U	Total pérdidas de Agua	Menos A-T	Q _P =Q _I -Q _A	22,350,792	50.4%
	V	Pérdidas reales de Agua	Menos U-T	Q _{PR} =Q _P -Q _{PA}	18,026,757	40.6%

En relación a las tablas 12 y 13 presentadas con el balance hídrico se concluyen algunas indicaciones:

- El agua aportada al sistema (A) corresponde al volumen aportado por la Planta 1-2, la Planta 3-4 y los Pozos de Casa Blanca y Poniente.
- El agua exportada (B) es nula ya que, pese a tener referencias de que existe un volumen de agua que se exporta, éste no tiene su origen en las fuentes a las que se ha hecho referencia.
- En los consumos no facturados no medidos (K-M) se realiza la regularización entre los consumos no medidos y facturados y los consumos reales que se han obtenido a partir de las estimaciones con origen en los consumos medios por tipo de uso.
- El consumo estimado para el paso 5 (Q-R) es algo superior al porcentaje propuesto para su estimación como consecuencia del estudio realizado del número de conexiones ilegales y el estado actual del parque de medidores.

Determinación de la eficiencia física en el sistema

Eficiencia física

En el marco teórico se definió la Eficiencia Física (E_{fis}) como:

$$Eficiencia\ Física\ (E_{fis}) = \frac{Volumen\ Facturado}{Volumen\ Producido} \text{ en } \%$$

Con los datos relacionados se obtiene el siguiente valor de Eficiencia Física para el año 2010:

$$E_{fis} (2010) = \frac{\text{Volumen Facturado}}{\text{Volumen Producido}} = \frac{21,940,996}{45,454,803} = 48.27 \%$$

De cualquier forma, se considera más representativo mostrar los valores de lo que se denominará Eficiencia de Facturación y Eficiencia Física II (E_{fisII}), o Rendimiento de la Red, definidos como:

$$\text{Eficiencia de Facturación (E.Fact)} = \frac{\text{Volumen Facturado}}{\text{Volumen Consumido}} = \frac{\text{Volumen Facturado}}{\text{Vol. Producido} - \text{Pérdidas Físicas}} \text{ en } \%$$

$$\text{Eficiencia Física II (E}_{fisII}) = \frac{\text{Volumen Consumido}}{\text{Volumen Producido}} = \frac{\text{Volumen Producido} - \text{Pérdidas Físicas}}{\text{Volumen Producido}} \text{ en } \%$$

De manera que:

$$\text{Eficiencia Física (E}_{fis}) = \text{Eficiencia de Facturación (E.Fact)} \times \text{Eficiencia Física II (E}_{fisII})$$

Los valores obtenidos se muestran en forma de resumen en la tabla 14.

Tabla 14. Eficiencia Física del sistema. Años 2010 y 2011.

TIPO	Año 2010	Año 2011
<i>Eficiencia de Facturación</i>	82.95 %	85.37 %
<i>Rendimiento de la Red</i>	58.19 %	59.35 %
EFICIENCIA FÍSICA	48.27 %	50.67 %

En general se trata de un valor de eficiencia no muy satisfactorio, debido fundamentalmente a las elevadas pérdidas físicas, ya que el valor de la eficiencia de facturación sí es aceptable, esto se debe que una parte relativamente importante de la facturación se realiza a partir de usuarios deshabitados y tomas muertas (por encima del 5% de la facturación total), con volúmenes facturados sin consumo teórico.

La eficiencia en la facturación muestra un incremento en el año 2011 respecto al 2010 por dos conceptos principalmente. La detección de usuarios comerciales con alto consumo que se han pasado de facturación fija a medida, y el aumento del número de usuarios domésticos con facturación fija cuyo consumo promedio es superior al facturado.

Junto con la eficiencia en la facturación, la Eficiencia Física también ha mejorado por un mejor rendimiento en la red, lo que equivale a una disminución de las pérdidas en la misma. Sin embargo, las pérdidas físicas siguen representando un porcentaje muy elevado, estimando en torno al 70% del total del agua no registrada, lo que representa valor cercano al 45% del volumen total suministrado. Para reducir estas pérdidas es muy recomendable acometer el proyecto de sectorización, en cuyo diseño el organismo operador actualmente está trabajando para determinar los sectores que presentan las mayores pérdidas, dicho proyecto incluye un programa de búsqueda de fugas para ampliar sus efectos, disminuyendo el volumen perdido por estos conceptos.

Índice de agua no registrada

Como ya se expresó, el Índice de Agua No Registrada (I.A.N.R.) mide el porcentaje de agua no registrado en el sistema en función del volumen de agua suministrado. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 15.

$$\text{Índice de Agua No Registrada (I.A.N.R.)} = \frac{\text{Volumen No Registrado}}{\text{Volumen Producido}} \text{ en \%}$$

Tabla 15. Eficiencia Física y Eficiencia de Facturación. Año 2010 y 2011.

TIPO	Año 2010	Año 2011
<i>Índice de Agua No Registrada (I.A.N.R.)</i>	63.86 %	62.28 %

Como ya ocurría con la Eficiencia Física, el valor del Índice de Agua No Registrada muestra una evolución positiva en el año 2011 respecto al año 2010, con una disminución de un 1.58%, debido fundamentalmente a la mejora en el porcentaje de usuarios comerciales con consumo medido y la disminución del volumen producido como consecuencia de la reducción de las pérdidas físicas.

Para establecer unos rangos de este índice se cuenta con datos publicados a través de la AEAS (Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento) y la ANEAS (Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México). Dichos datos se muestran en las figuras 14 y 15 respectivamente.

Figura 9. Evolución del coeficiente global de Agua No registrada AEAS.

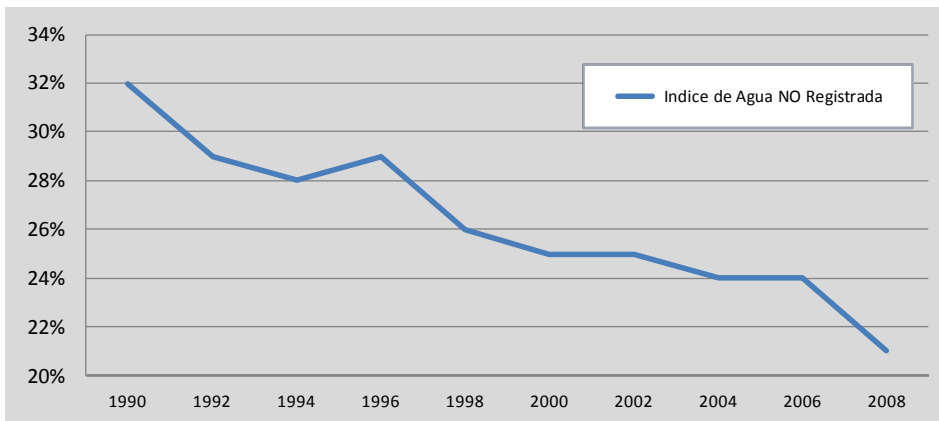
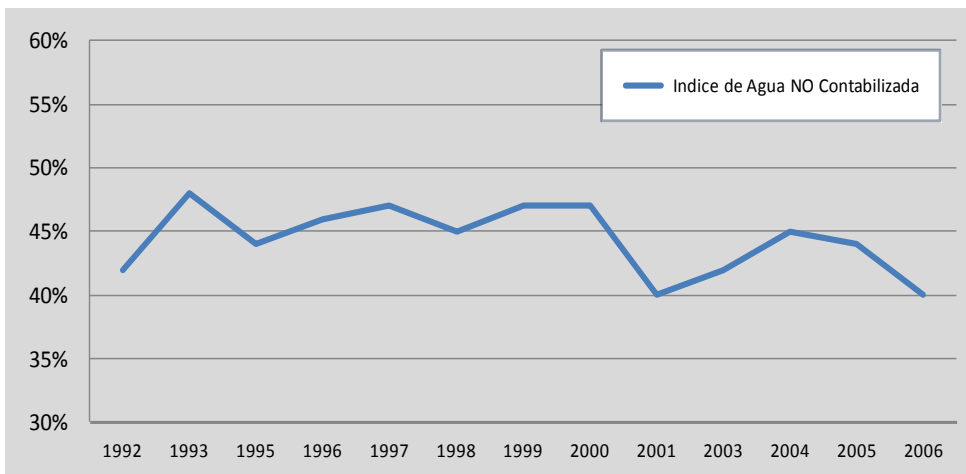


Figura 10. Evolución del Promedio del Agua No Contabilizada en ciudades mexicanas.



Fuente: Publicación ANEAS. “El Agua Potable en México”, Nov. 2008.

Se puede comprobar que los resultados obtenidos para Oomapas de Cajeme, comparados con ambos valores de las gráficas de referencia son excesivamente altos.

Entre los motivos encontrados para ello se encuentran los siguientes:

- Existe un elevado volumen de usuarios domésticos y comerciales con facturación fija a los cuales no se les registra la medición del consumo. Sería aconsejable que la totalidad

del consumo de este tipo, es decir, de usuarios domésticos y comerciales fuese medido y registrado.

- También el Oomapas de Cajeme tiene una elevada facturación de usuarios registrados con tomas muertas y deshabitados, sobre todo este último, con volúmenes facturados que no pueden considerarse como registrados. Sería recomendable hacer un estudio de los usuarios así catalogados, ya que se antoja un número demasiado elevado, así como registrar igualmente el consumo de manera que pueda detectarse cuando estos se producen, debiendo de manera inmediata modificar tal condición de los mismos para convertirse en otro tipo de usuario con consumo registrado.
- Existen numerosos consumos que no se registran. Sería recomendable disponer, con medición, de todos los consumos que se producen, se facturen o no, como son consumos para riego, fuentes, municipales, etc.
- Las pérdidas físicas representan, como ya hemos dicho, un valor muy elevado. Al disminuir estas pérdidas se producirá en consecuencia una mejora en el Índice de Agua No Registrada (IANR), en el rendimiento de la red del sistema de abastecimiento y en su eficiencia física.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

El diagnóstico del organismo operador realizado es una base para identificar las acciones requeridas para lograr posicionar al Oomapas de Cajeme en el camino hacia el logro de su visión 2025.

El organismo está preparado para afrontar el crecimiento de la población con finanzas relativamente sanas y tarifas altas comparadas con sus costos de producción y administración. El gran reto es mejorar las eficiencias comerciales y físicas, trabajando en la eliminación del Agua No Contabilizada. Cumpliendo este objetivo el organismo puede tener finanzas sanas.

Recomendaciones Comerciales

El área comercial tiene muchas áreas de oportunidad de acuerdo al diagnóstico, principalmente en el área de cobranza, micromedición y facturación de volúmenes no medidos para los diferentes tipos de usuarios.

A continuación se hacen las recomendaciones específicas o aspectos por mejorar del área comercial:

- a) **Programa de Control de Pérdidas/Dirección General:** se recomienda elevar el programa de control de pérdidas a nivel Institucional similar al trabajo del ISO9001 donde todos participan activamente con metas y procedimientos bien establecidos con un buen programa de capacitación continúa.
- b) **Tomas muertas y Deshabitados / Padrón de Usuarios:** es importante mantener un control del padrón de tomas muertas y deshabitados ya que se han detectado consumos

clandestinos en este tipo de tomas, por lo que el mantenimiento anual del padrón en estos conceptos es imprescindible.

- c) **Tarifas comerciales / Padrón de usuarios:** se recomienda realizar urgentemente un mantenimiento respecto a la aplicación de la tarifa comercial por el fenómeno clásico de la conversión de casas en oficinas o locales comerciales. La ley está a favor para realizar este tipo de mantenimiento. En los casos donde se encuentren pequeños abarrotes o locales chicos, se puede aplicar la opción de realizar un segundo contrato con tarifa comercial intermedia para no impactar tanto el bolsillo del usuario.
- d) **Micromedición / Facturación:** actualmente las pérdidas atribuibles a la baja precisión se estiman alrededor del 5% estimado según un muestreo realizado con medidores nuevos y comparándolos con los anteriores. La sustitución a tiempo de micromedidores se paga sola, ya que actualmente se estiman pérdidas del orden de los 12 millones de pesos según el balance de agua realizado para este estudio. Esto equivale a la adquisición de 20 mil medidores. Se recomienda ampliamente implementar un sistema de sustitución de micromedidores imprecisos con un equipo de medición móvil y una o dos cuadrillas dedicadas exclusivamente a esto con facultades de sustituir los medidores que no tengan el nivel económico mínimo de precisión.
- e) **Micromedición / Facturación:** los organismos con mejores eficiencias comerciales y menores pérdidas de facturación son los que tienen una micromedición al 100%. La principal pérdida de agua no contabilizada en este tipo es la de las fugas domiciliarias no detectadas por falta de micromedición y que pueden durar años sin darse cuenta el usuario ni el organismo que existen dichas fugas.
- f) **Consumo no facturado / Dirección comercial:** en el balance se tiene un concepto llamado consumo no medido no facturado estimado de 1.7 millones de m³ al año que

aplicado a la tarifa promedio da aproximadamente 24 millones de pesos anuales. Se recomienda trabajar en conjunto con los programas de inversión federal en la gestión de recursos para la implantación de un programa de micromedición, facturación y detección de fugas en escuelas, edificios de gubernamentales. De la misma forma se recomienda medir y facturar los consumos de los parques y jardines municipales, lo ideal sería cobrar esos consumos, pero por lo pronto es conocer y registrarlos para reducir el Índice de Agua NO Contabilizada.

Un aspecto muy importante que debe considerarse como primer paso para darle factibilidad financiera al proyecto es la recuperación de la cartera vencida de usuarios, realizando un plan agresivo de cortes y cobranza profesional existirán los recursos necesarios para iniciar con los proyectos de mejora.

Recomendaciones Técnicas

El área técnica presenta graves problemas de incidencia de fugas y de control operacional, el costo de las pérdidas físicas se estima en el orden de los 80 millones de pesos anuales. Para realizar una mejora significativa en la recuperación de las pérdidas físicas se hacen las siguientes recomendaciones:

- a) **Programa de Control de Recuperación de Caudales / Dirección general:** se recomienda elevar el programa de control de pérdidas a nivel Institucional similar al trabajo del ISO9001 donde todos participan activamente con metas y procedimientos bien establecidos con un buen programa de capacitación continua, (Mismo programa integral con el comercial).

b) **Catastro de redes / Operación:** se deberá realizar la validación del catastro existente mediante una muestra representativa (alrededor del 10% del levantamiento catastral existente) para verificar la veracidad de la información, conocer las características de las líneas en servicio como: diámetros, tipo de material de la tubería, profundidad, posibles conexiones no registradas y cajas de válvulas y despiece de los cruceros (si corresponden los diámetros, materiales, conexiones, cantidad de válvulas y ubicación). Con esta información determinar el estado del catastro existente además de validar si coincide con la información que se tiene en los planos de catastro de infraestructura hidráulica existente. También se debe de realizar el análisis de las áreas de catastro faltante y hacer un plan de acción para su levantamiento, identificando de posibles conexiones faltantes de las cuales se tenga incertidumbre.

c) **Disminución de fugas en la red / Operación:** Se propone realizar un balance hidráulico por sectores donde se deberá recopilar y analizar la información respecto a: las políticas de operación del Organismo Operador para distribuir el agua, los reportes de los usuarios por concepto de: fugas, faltas de agua y bajas presiones en la red, la antigüedad de la infraestructura de distribución; dicha información puede ser recopilada por colonia identificando las zonas con mayor problemática. Con la información respectiva se debe trabajar en un proyecto de cambio masivo de tomas domiciliarias, iniciar con trabajos de rehabilitación de redes de agua potable, trabajar en la detección y reparación de fugas.

A partir de los datos de distribución poblacional, del catastro de infraestructura y de la geometría de la red de distribución de agua potable se deberá: definir las necesidades del volumen de agua en el sector, según las normas locales vigentes. (Presión y caudal); contar

con una modelación hidráulica actualizada y calibrada; modelar la propuesta y revisar el cumplimiento de las demandas y presiones

Creación de Distritos Hidrométricos (Sectorización) / Dirección Técnica

Se debe analizar la infraestructura hidráulica de la ciudad, para definir varias propuestas de los posibles sectores hidrométricos con la premisa de disminuir fugas visibles y no visibles, ahorro de energía y gestión de presiones, y lo principal, la recuperación de caudales.

- Se formulará la memoria descriptiva y técnica del funcionamiento de cada sector hidrométrico, las cuales deberán abarcar los siguientes puntos:
- Catastro hidráulico actualizado de la red de distribución: (Diámetros, longitudes, materiales, áreas de cobertura, etc.).
- Definir los nodos donde el sector se alimenta de la red primaria.
- Volumen del consumo del agua en bloque para el sector.
- Definir la instrumentación, equipos de medición e innovaciones tecnológicas que se deberán implementar en cada sector hidrométrico.
- Se formulará la memoria de perfil comercial del sector hidrométrico, la cual deberá de contener los siguientes puntos: descripción de la población de usuarios con precisión, si la incertidumbre de la información disponible es amplia, será necesario hacer verificaciones en campo y dar la propuesta de solución al organismo, una tarea importante es verificar que todo predio de usuario esté debidamente registrado en el sistema comercial (padrón de usuarios).

Se formulará el proyecto ejecutivo de cada sector hidrométrico, conteniendo los siguientes puntos:

- Integración del Proyecto Ejecutivo
- Planos del sector con su red definida y posición y tipo de cruceros y registros.
- Planos de detalle de caja de registro tipo para válvulas de seccionamiento.
- Planos de detalle de caja de registro tipo para válvulas de regulación.
- Catálogo de conceptos.
- Presupuesto
- Factibilidad económica – financiera (estudio de inversión)
- Especificaciones.

Manual de Operación de Sector Hidrométrico, debe incluir:

Descripción de la red de distribución del sector (Memoria técnica) Geometría de las tuberías, materiales, tipo de válvulas instaladas, calendario de construcción, y puesta en operación del sector, referencias de nomenclatura dentro y personal a cargo de la operación.

- Operación sugerida del sector, (Movimientos de válvulas)
- Referencias de Consulta Técnica (Fabricantes, Proyectistas etc.).
- Con base en la propuesta de sectorización aprobada por el Organismo Operador, se proyectarán con el detalle necesario las acciones, obras y modificaciones a la red de distribución requeridas para establecer los sectores hidrométricos, para posteriormente llevar a cabo los trabajos de recuperación de caudales.

- Se formulará una propuesta de un programa de eliminación de fugas y clandestinaje.
- Se llevará a cabo un análisis de inversión de cada sector hidrométrico que se proponga.
- Diseño e instalación de elementos de seguridad en la red como válvulas especiales expulsoras de aire, válvulas contra golpe de ariete y válvulas de alivio. Estos elementos detectan activamente las condiciones de posible falla de forma hidráulica y reaccionan para evitar fallas mayores principalmente en las redes de conducción y acueductos, así como en circuitos entre sectores y puntas muertas.

Estas acciones contribuyen directamente a la mejora de los aspectos señalados, durante el desarrollo del estudio, y al logro de las metas propuestas.

El organismo operador invierte en promedio anual de 120 millones de pesos con los niveles de recaudación que tiene actualmente. Se espera mejorar el margen de operación entre el aumento de ingresos y reducción de costos en los próximos 6 años en un promedio de 60 millones anuales con los programas de recuperación de cartera y control de agua no contabilizada. Estos 60 millones se pueden convertir en 100 a 120 millones con apoyos federales, por lo tanto se tendrán recursos extra para hacer frente a estas inversiones.

El enfoque de administración basado en la eficiencia tenderá a hacerse cada vez más importante en la medida en que se encarezca el recurso debido a su escasez y a la dificultad de conseguir fuentes de agua viables para las ciudades. La generación de información

válida y confiable en este sentido es prioritaria si se pretende generar guías de decisión adecuadas para desarrollar las mejores las acciones que permitan al Oomapas de Cajeme sobresalir como uno de los mejores organismos operadores del país.

Referencias

- ANEAS, (Noviembre 2008). *“El Agua Potable en México”*.
- CONAGUA, (2009). *Manual de Incremento de Eficiencia Física, Hidráulica y Energética en Sistemas de Agua Potable. Comisión Nacional del Agua.*
- CONAGUA, (MAPAS 2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*
- CONAPO, (2005). *Consejo Nacional de Población.*
- Farley, M., (2001). *Leakage Management and Control, OIM.*
- INEGI, (2006). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía.*
- Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo Alemán, (2011). *“Guía para la Reducción en las Pérdidas de Agua”*, Material Suplementario 4.3 Cálculo del balance hídrico de la IWA.
- Thornton, J., Sturm, R. y Kunkel, G., (2008). *Water Loss Control, McGraw-Hill.*
- CONAGUA, (Noviembre 2009). *Indicadores de Eficiencia Global.* Recuperado de <http://www.encuentra.gob.mx/resultsAPF>