



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM



Diagnóstico: Organismos Operadores

Oaxaca: Ocotlán de Morelos

A. Agua Potable.

1. Prestación de los servicios

El suministro de agua potable, drenaje y saneamiento en el municipio de Ocotlán de Morelos, Oaxaca se proporciona a la cabecera municipal de manera independiente de las agencias¹. La primera está a cargo del municipio a través del Organismo Operador mientras que en las agencias el servicio está a cargo de un Comité de Agua². Los trabajos de esta etapa del programa se enfocaron en estudiar el servicio correspondiente a la cabecera municipal.

2. Suministro

La cabecera municipal cuenta para su abasto de agua potable con cinco pozos profundos, (ver Ilustración C -1) los cuales aportan un gasto máximo de 23.8 l/s y un gasto medio de 14.9 l/s (ver Ilustración C - 1 y Tabla C – 2). Debido al crecimiento de la mancha urbana y a su topografía, las colonias ubicadas en zonas más altas carecen del servicio,³ por lo que su abasto se proporciona a través de tanques cisterna (pipas) que se abastecen de un pozo destinado exclusivamente para ello (Pozo Pipas de la Tabla C – 1). El Pozo 2 –no contenido en la Tabla C - 1–, actualmente se encuentra fuera de operación.

¹ De acuerdo a la Ley Orgánica del Estado de Oaxaca en su Artículo 17, segundo párrafo, una agencia municipal es una categoría administrativa dentro del gobierno municipal.

² Este comité de Agua es independiente al Organismo Operador administrativa y financieramente. Es importante comentar que algunas agencias no cuentan con drenaje ni saneamiento de las aguas servidas. En algunos casos, incluso la infraestructura hidráulica está en desuso.

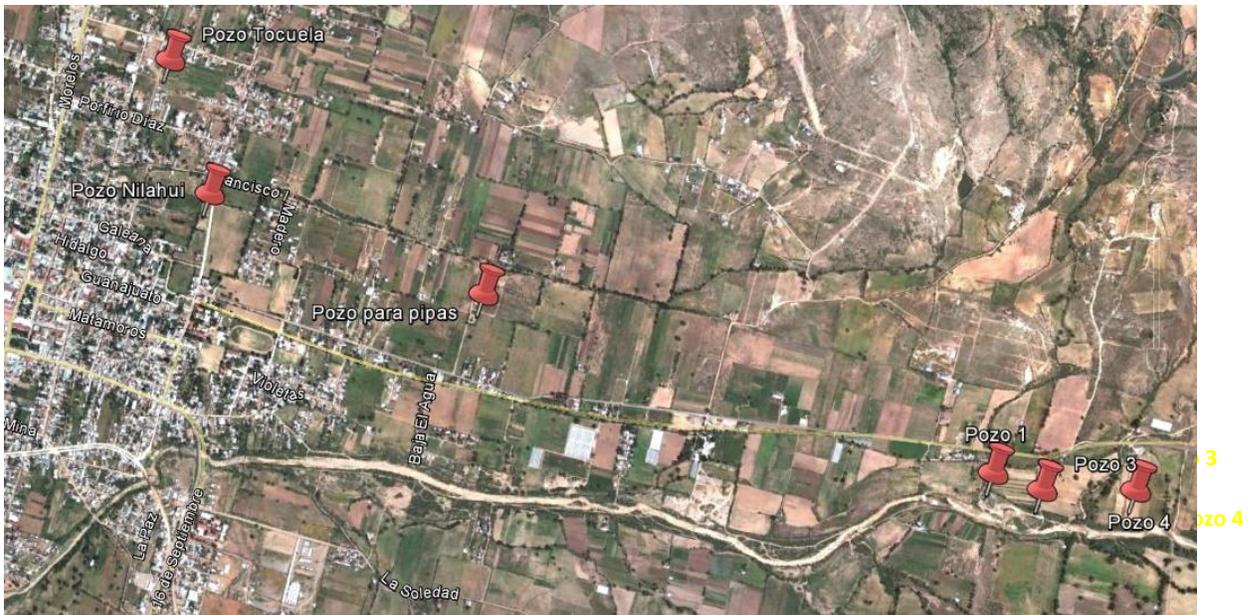
³ En estas colonias incluso se carece de un sistema de drenaje sanitario para el desalojo de las aguas servidas, por lo que se emplean letrinas secas.

Tabla C-1.
Coordenadas de ubicación de las fuentes de abastecimiento.

Pozo	Descripción del sitio	Coordenadas					
		Latitud N			Longitud W		
		°	'	"	°	'	"
1	Antiguo camino a Santa Catarina Minas	16	47	10	96	38	32
3	Antiguo camino a Santa Catarina Minas	16	47	8	96	38	26
4	Antiguo camino a Santa Catarina Minas	16	47	8	96	38	15
Pipas	Jacarandas. Pozo para llenado de tanques cisterna (Pipas)	16	47	31	96	39	34
Nilahui	Barrio de arriba	16	47	43	96	40	8
Tocuela	Industria	16	47	59	96	40	13

El paro y arranque de los equipos electromecánicos correspondiente a los pozos 1, 3 y 4 se encuentra programado en un PLC⁴, en los demás casos se hace de forma manual con un horario ya definido por parte de los operadores. Ver Tablas C – 2 y C - 3.

Ilustración C-1.
Localización de pozos



FUENTE: (Google Earth)

⁴ PLC. Controlador Lógico Programable por sus siglas en inglés (*Programmable Logic Controller*). Este dispositivo es ampliamente utilizado en la automatización de equipos electromecánicos. Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar.

Tabla C - 2.
Operación y gastos aportados de los pozos profundos.

Municipio	Nombre del Pozo	Q _{medidor} pozo	Q _{medidor} ultrasónico	Horas de bombeo por día	Volumen extraído	Q _{medio} (inyectado al sistema)
		l/s	l/s	hrs	m ³ /día	l/s
Ocotlán de Morelos	Pozo 1	5.8	4.7	16	271.0	3.1
	Pozo 3	4.3	3.6	18	242.0	2.8
	Pozo 4	-----	7.7	24	665.0	7.7
	Tocuela	-----	1.8	4	26.0	0.3
	Nilahui	-----	6.0	4	86.0	1.0
	TOTAL			23.8		1290.0

Tabla C - 3
Características de los equipos electromecánicos de los Pozos.

Pozo	Bomba		Profundidad	Alimentación
	Tipo	Potencia		
		Hp		
1	Sumergible	10	12	240
3	Sumergible	10	15	240
4	Sumergible	15	25	240
Nilahui	Sumergible	10	78	240
Tocuela	Sumergible	10	25	240

En los trenes de descarga de los Pozos 1 y 3 se encuentra un medidor instalado de tipo hélice con errores de sobre medición de + 23%, es decir, mide un gasto mayor al real, en los demás pozos no existe un equipo de medición. Tampoco existen manómetros (medidores de presión), instalados en los pozos.

Para la medición de los gastos que aporta cada una de las fuentes de abastecimiento se utilizó un medidor de tipo ultrasónico⁵, este medidor cuenta con un error de $\pm 0.25\%$ y no es necesario insertarlo en la tubería para conocer el flujo, es de fácil instalación y manejo. Ver Ilustración C – 2.

⁵ Un medidor ultrasónico mide la velocidad del flujo que se desplaza en una línea a presión. Un transductor emisor emite señales acústicas de frecuencia conocida, que son reflejadas por las partículas en movimiento, y que son captadas por un transductor receptor. La velocidad de reflejo de la señal es directamente proporcional a la velocidad del flujo, el cálculo del gasto se hace programando en el equipo, el diámetro de la tubería.

Ilustración C-1.
Medición de gastos en trenes de descarga con el empleo de un medidor ultrasónico o portátil.



3. Sistema de desinfección

El sistema de desinfección para el agua de uso y consumo humano es mediante equipos cloradores (se emplea Hipoclorito como desinfectante) instalados en los trenes de descarga de las fuentes de abastecimiento. Ver Ilustración C - 3. De manera periódica la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento analiza la calidad del agua así como el funcionamiento de los equipos cloradores sin que hasta el momento se haya advertido de algún evento que represente un riesgo a la salud de los habitantes. Sólo el pozo destinado al llenado de pipas no cuenta con equipo de desinfección, lo que representa un grave riesgo para esa parte de la población que se abastece con el agua extraída. Peligro que se adiciona al que deriva del no control de la limpieza en las pipas y, por tanto, de la calidad del agua que finalmente entregan.

Las bombas de inyección se encuentran en buen estado y funcionan adecuadamente. Asimismo, las mangueras plásticas de inyección están protegidas y cubiertas del sol. En general, el sistema de cloración en los pozos con este sistema trabaja adecuadamente. De manera mensual la Comisión Estatal del Agua verifica el funcionamiento de estos equipos y proporciona de hecho el desinfectante.

Ilustración C - 3.
Sistema de desinfección en los Pozos de Ocotlán de Morelos, Oaxaca.



4. Regularización

El agua que se extrae de los Pozos es conducida a través de una línea hacia un tanque de regulación, el cual tiene como objeto cambiar el régimen de suministro (captación conducción), que normalmente es constante a un régimen de demandas de la red de distribución, que siempre es variable. El tanque de regulación es la estructura destinada para cumplir esta función y debe proporcionar un servicio eficiente, bajo normas estrictas de higiene y seguridad. Ver Ilustración C - 4.

Ilustración C-4. Tanque de regulación



En el caso de Ocotlán de Morelos, la regulación se realiza mediante dos Tanques: los tanques 1 y Tocuela. En el primer caso, éste recibe agua de los Pozos 1, 3 y 4, que aportan un gasto medio de 13.6 l/s (91 % del gasto medio inyectado a la red), y distribuye a la mayor parte de la cabecera -de manera eventual el Pozo 1 envía agua directamente a la red-, el Tanque Tocuela recibe agua del pozo con el mismo nombre (0.3 l/s) y distribuye a una sola colonia. El Pozo Nilahui inyecta agua directamente a la red (1.0 l/s). Ver Tablas C - 4 y C - 5.

Adicionalmente, existen dos Tanques de regulación (Tanques 2 y 3) que están fuera de uso debido a que se encuentran en terrenos con problemas de tenencia (Tanque 2)⁶ y, de acuerdo con lo comentado por los operadores del Organismo, en el caso del Tanque 3 se debió a “recomendaciones” proporcionadas en estudios previos y a la falta de protección que impidiera que personas ajenas a las instalaciones ingresaran y ensuciaran el agua. Ver Ilustración C - 5. Ambos tanques cuentan con instalaciones que les permiten estar conectados a los pozos 1, 3 y 4.

⁶ El problema es el tanque Paraje Baja el Agua, este se construyó en terrenos pertenecientes a un particular quien lo reclamó años más tarde. Debido a esto, el tanque se dejó de utilizar en la regulación de la demanda.

Tabla C - 4.
Localización de los tanques de almacenamiento

Tanque	Descripción	Coordenadas					
		Latitud N			Longitud W		
		°	′	″	°	′	″
Tanque 1	Tanque superficial 1	16	47	51	96	38	41
Tanque 2	Tocuela	16	47	19	96	39	51
Tanque 3	Violetas	16	47	25	96	40	4
Tanque 4	2DA Privada Porfirio Diaz	16	47	56	96	40	14

Tabla C - 5.
Características de los Tanques de Regularización.

Tanque	Tipo	Capacidad	Material	Edad	Estado actual
		m ³		años	
Tanque 1	Superficial	1,200	Concreto	20	En uso
Tanque 2	Elevado	40	Concreto	ND	Fuera de uso
Tanque 3	Superficial	30	Concreto	48	Fuera de uso
Tanque 4	Elevado	25	Concreto	20	En uso

Ilustración C - 5.
Tanques elevados en desuso (Tanque 2 izquierda y tanque 3 derecha)

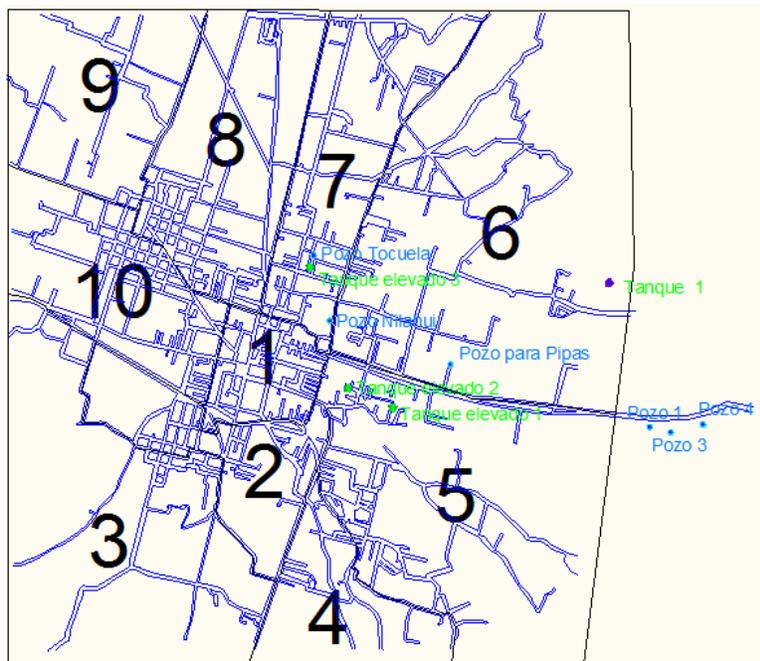


5. Distribución y Políticas operativas

Distribución

El principal problema al que se enfrentan los operadores del sistema es la distribución del agua. En este sentido, y para dar agua a la mayor parte de la población, el organismo operador ha dividido la red de distribución de la cabecera municipal en diez zonas de servicio.⁷ Ver Ilustración C – 6. Cada zona recibe agua durante ocho horas cada diez días. Las zonas de servicio están controladas mediante válvulas de seccionamiento que se abren y cierran manualmente dependiendo la zona a la cual se debe abastecer, siendo las más desfavorables aquellas que se encuentran más alejadas de los tanques y en zonas altas. Esta forma de operar la red resulta muy desgastante para las tuberías debido a que reduce su vida útil hasta diez veces (Lambert, 2000). El abasto en estas colonias es mediante el uso de tanques cisterna (Pipas).⁸

Ilustración C - 6.
Zonas de servicio en Ocotlán de Morelos



⁷ Una zona de servicio es un segmento de red aislado temporalmente del sistema completo de manera que sólo esa zona disponga del servicio.

⁸ De acuerdo a información proporcionada por el Organismo Operador, a estas zonas se envían diez pipas de 10 m³ de agua por día

Políticas Operativas

La operación del sistema de distribución de agua potable del municipio de Ocotlán de Morelos se muestra a continuación.

De los siete pozos que tiene a su cargo el Organismo Operador, actualmente sólo seis se encuentran en operación, de ellos sólo cinco aportan un gasto medio de 14.9 l/s a la cabecera municipal mientras que un sexto pozo, del que se extrae un gasto medio de 1.0 l/s sólo es utilizado para el llenado de tanques cisterna (Pipa) para el abasto de agua a las colonias ubicadas en zonas altas y alejadas de los tanques de regulación.

Cuatro de los cinco Pozos que alimentan el sistema de la cabecera envían a través de una línea de conducción un gasto de 13.9 l/s a dos tanques de regularización (Tanque 1 y Tanque Tocuela), los cuales distribuyen agua a gran parte de la cabecera municipal. Existen tres Tanques de Regularización que están en desuso. El Pozo Nilahui envía un gasto de 1.0 l/s directamente a la red de una sola colonia. De manera eventual el Pozo 1 inyecta agua de forma directa a la red.

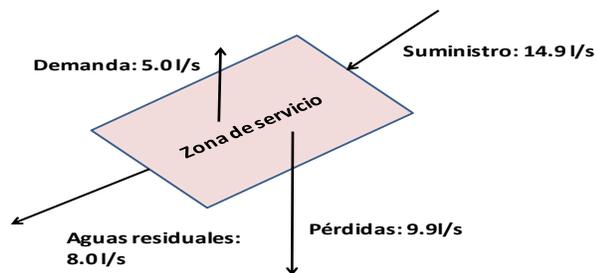
Para la distribución del agua, la red de la cabecera se ha dividido en 10 zonas de servicio, cada zona recibe un gasto de 14.9 l/s durante 8 horas cada diez días, o bien 429,120 l/día. Partiendo de la hipótesis de que las personas que se ubican en cada zona de servicio guardan un volumen para satisfacer sus necesidades durante los siguientes nueve días, a cada zona le corresponde un volumen por día de 42,912 l/zona/día.

Considerando una aportación al drenaje del 75 % del volumen que utiliza diario por zona de servicio (Sugerido por CONAGUA), se vierten al drenaje 32,184 l/día/zona; sin embargo, cada una de las diez zonas de servicio dispone de agua almacenada, por lo que el volumen de agua aportado se incrementa en el mismo número de zonas de servicio, esto es $32,184(10) = 321,840$ l/día, los cuales representan 3.73 l/s que es, a su vez, el 75 % del gasto medio utilizado en el sistema, por lo que el gasto medio se incrementa a 4.98 l/s.

Por otra parte, partiendo de la medición de agua residual hecha en campo, la cual fue de aproximadamente 8.0 l/s, y considerando que a la hora de la medición (aproximadamente 12:00 horas), se tiene que el $Q_h = CVH * Q_m \Rightarrow Q_m = 8.0/1.4 = 5.7$ l/. Este último valor es el más cercano al gasto medido en el colector, por lo que se considera como el gasto medio utilizado en el sistema.

De esta manera, el balance hidráulico queda establecido como se muestra tabla continuación: Se inyectan 14.9 l/s al sistema, se consumen 5.0 l/s, se pierden 9.9 l/s y se vierten al drenaje 8.0 l/s. El nivel de pérdidas representa el 65% del suministro. Lo anterior se traduce para el Organismo y/o el Municipio en un sobre costo de más del 60% ($9.9/14.9 * 100$) en energía eléctrica, potabilización, manejo y distribución del agua.

**Ilustración E - 7.
Balance Hidráulico**

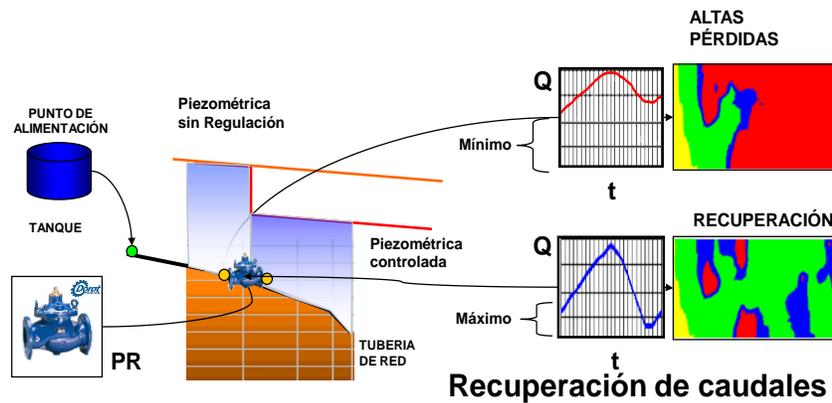


Un factor que influye directamente en la presencia y cuantía de las pérdidas en la red es la presión. De acuerdo con las mediciones hechas en campo, el desnivel entre el Tanque 1 y el centro de la cabecera municipal es de 66 m., mientras que en la parte más baja el desnivel es de hasta 86 m. La razón de darle importancia al desnivel entre el tanque y algunos puntos de la red es que la magnitud de la presión está en función de la topografía del lugar: entre mayor sea el desnivel entre los tanques y la red, mayor será la presión en ese punto. La variación de

fugas con las presiones puede ser tan significativa que su relación se puede representar con una función potencial.

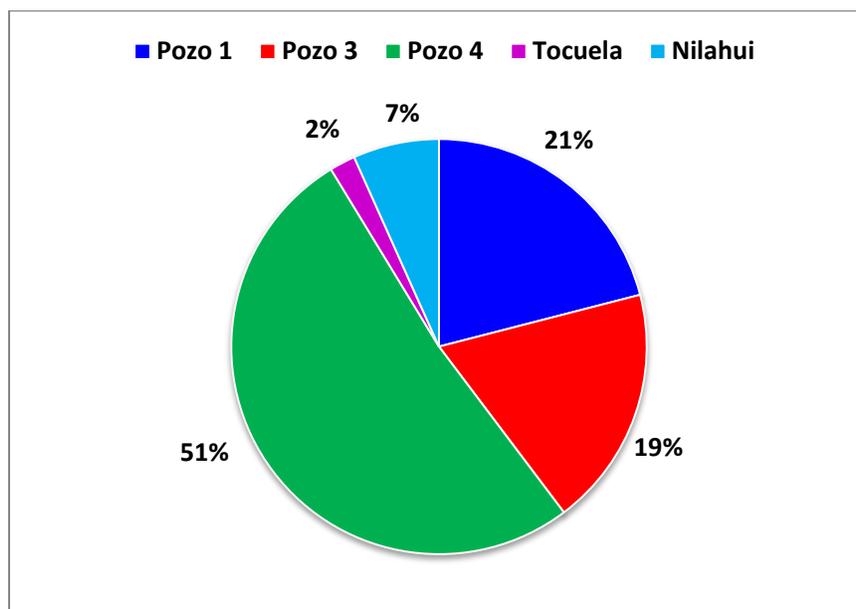
El control de presiones en los sistemas de distribución de agua potable es reconocido internacionalmente como una de las actividades clave en la reducción de las pérdidas de agua y en la disminución de la frecuencia de aparición de roturas en las redes de distribución y conexiones domiciliarias. En los últimos años se han hecho avances importantes en el desarrollo de métodos prácticos para la predicción y comprensión de la forma en que ocurren las fugas, algunos elementos de consumo y la frecuencia de rotura en sistemas de distribución, todos influenciados por la presión (Garzón, 2006). Ver Ilustración C – 8.

Ilustración C - 8.
Efecto de control de presiones en una red de distribución. FUENTE: INDAGA.
2010



El 91% del volumen total inyectado a la red proviene de los pozos 1, 3 y 4, siendo el Pozo 4 el que mayor gasto aporta al sistema (51% de la extracción total actual). Ver Ilustración C-9.

Ilustración C-9.
Extracción de pozos Ocotlán de Morelos



Sistema de drenaje sanitario

Las aguas servidas se vierten a un sistema de drenaje convencional que las conduce hacia una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). De acuerdo con información proporcionada por la empresa que opera la PTAR⁹, a ésta llega un gasto medio de 6 l/s; sin embargo, está diseñada para tratar hasta 20 l/s. Es importante mencionar que no toda el agua residual generada llega a la planta, una parte del caudal generado no se trata. De los 6 l/s tratados, 1.2 l/s son entregados al municipio¹⁰ para el uso en servicios públicos como baños de escuelas primarias y del mercado municipal, los 4.8 l/s restantes¹¹ son descargados al Río Atoyac, debido a que no le ha sido posible a la empresa construir líneas de conducción para agua residual tratada que haga factible su uso en diversos procesos debido a problemas sociales y políticos con los derechos de vía en la región.

⁹ Compañía Minera Cuscatlán.

¹⁰ Esta agua es entregada con calidad de acuerdo a la norma: NOM-003- SEMARNAT-1997. Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.

¹¹ Esta agua es entregada con calidad de acuerdo a la norma: NOM-001- SEMARNAT-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales y bienes nacionales.

6. Principales problemas asociados al suministro de agua potable

Los principales problemas identificados en la prestación del servicio de agua potable en el municipio de Ocotlán de Morelos son:

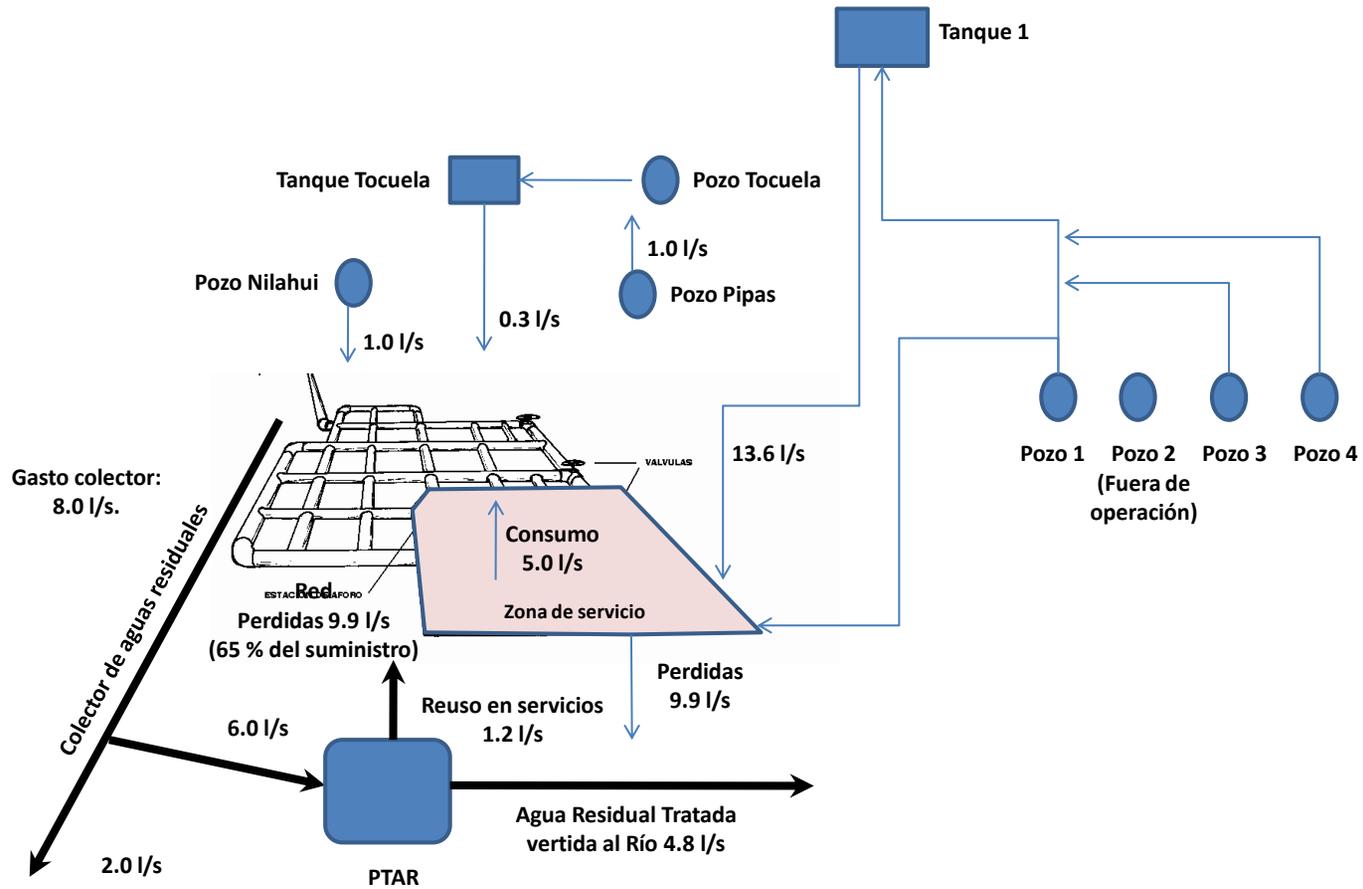
1. Existe muy poco conocimiento sobre el funcionamiento operativo de la red en el personal directivo; el conocimiento está centralizado en una sola persona (personal de base).
2. No existen planos (catastro de red), de la red de distribución de agua potable.
3. No existe un sistema de medición ni en las fuentes de abastecimiento ni en las tomas de agua.
4. No se cuenta con medidores ni registros históricos de mediciones de gasto o volumen en las fuentes y tomas de agua.
5. Se cuenta con equipos de bombeo de muy baja eficiencia, por lo que se incrementa el costo del bombeo.
6. Se cuenta con una red de tubería muy vieja y en malas condiciones, lo que propicia el incremento de fugas no superficiales y el consecuente costo inútil de bombeo y manejo.
7. Actualmente la cobertura de la red de agua potable es del 70%. La distribución a la población que no cuenta con cobertura se realiza mediante pipas.
8. El desnivel entre el tanque 1 y la población es de aproximadamente 60 m, lo que genera presiones en la red muy elevadas. Las válvulas de salida del tanque superficial no pueden operar completamente abiertas.
9. No existe padrón de usuarios.
10. No existe interés alguno de parte de la población en que sean instalados medidores, pues consideran que incrementaría el costo.
11. No hay cultura del registro estadístico, ni de la rendición de cuentas en el organismo ni en la población.

7. Tomas

No existe un padrón de usuarios; pero se sabe que existen cerca de 3,000 tomas correspondientes al servicio de agua potable y cerca de 2,000 conexiones a la red de drenaje.

8. Balance hidráulico

Balance Hidráulico. Ocotlán de Morelos, Oaxaca



De esta manera, el balance hidráulico queda establecido como se muestra tabla continuación: Se inyectan 14.9 l/s al sistema, se consumen 5.0 l/s, se pierden 9.9 l/s y se tratan 8.0 l/s. Del gasto vertido al drenaje sólo 6 l/s son tratados y 1.8 l/s son descargados al río sin tratamiento. Hay un reúso de aguas residuales tratadas en servicios públicos de 1.2 l/s mientras que los 4.8 l/s que también son tratados son vertidos al drenaje al no existir infraestructura para su reúso.

B. Drenaje y Saneamiento

1. Principales problemas asociados al desalojo de las aguas servidas

1. No existe plano del catastro de la red de drenaje sanitario.
2. La cobertura de drenaje sanitario es del 60%. En las colonias sin cobertura se utilizan fosas sépticas y letrinas secas.
3. El servicio de drenaje sanitario no se cobra en la cuota
4. El diámetro de la tubería del colector que funciona como emisor principal es de 30 cm.
5. Se desconoce cómo fue calculada originalmente la red de drenaje existente.
6. Durante la época de lluvias se presentan la mayor parte de los problemas asociados a la obstrucción de la tubería con basura, ya que en algunos puntos la red trabaja a presión y, considerando que la tubería es, en la mayoría de su longitud, muy vieja, se producen roturas o fugas en las uniones, contaminando las tuberías de agua potable "vacías" sin presión que lo evite.

2. Red de alcantarillado sanitario

Se desconoce el estado y funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario y pluvial, además no se cuenta con equipo para brindar el mantenimiento a las

estructuras de la red de alcantarillado. Se sabe que el colector principal se encuentra en la calle 5 de Mayo desde el palacio municipal hasta la PTAR.

3. Descargas

La descarga en el río Ocotlán, que es un influente del río Atoyac, está controlada por el funcionamiento y políticas de operación de la PTAR; actualmente, debido a la falta de infraestructura, la PTAR no puede enviar el volumen tratado destinado al reúso en procesos mineros (en promedio 4.8 l/s), por lo que este volumen es descargado al río después del tratamiento, mezclándose con el flujo contaminado que ya trae este, por lo que el tratamiento resulta inicuo.

4. Sistema de saneamiento

Para el saneamiento del agua residual en el municipio de Ocotlán de Morelos se construyó una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), actualmente se encuentra en comodato con la Compañía Minera Cuscatlán.

El agua es tratada en la PTAR para cumplir, una parte del efluente con las normas: NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, y en una menor parte con la NOM-003-ECOL-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público.

Una parte del volumen tratado en la PTAR es destinado al reúso en la actividad minera de la Compañía Minera Cuscatlán y otra parte se entrega mediante pipas al municipio para su reúso en servicios públicos. La PTAR tiene capacidad para tratar hasta 20 l/s, actualmente recibe 6 l/s después de ser tratados, un 20% se envía al municipio para su reúso y el 80% restante es vertido al río.

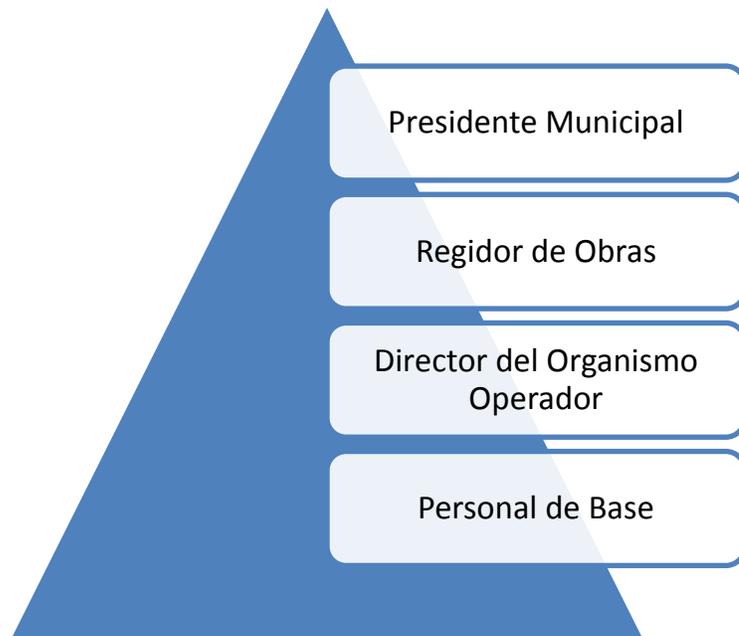
C. Estructura Organizacional

1. Organigrama y funciones

El Organismo Operador es dependiente administrativa y financieramente del ayuntamiento. En el caso de Ocotlán de Morelos, el responsable del servicio ante la presidencia es el Regidor de Obras, de manera jerárquica, le sigue el director del Organismo Operador, quien tiene a su cargo la operación de la infraestructura hidráulica. Existen tres personas que son quienes operan la red de distribución, una de ellas cuenta con más de 15 años en el Organismo y es él quien conoce a detalle la mayor parte de la información que tiene que ver con el cierre y apertura de válvulas. Ver Ilustración C -10.

El Organismo Operador no cuenta con una declaración de objetivo específico, visión y misión. No cuenta con instalaciones propias y tampoco con una planeación ni rutinas conocidas para el mantenimiento de la infraestructura a su cargo. Existen problemas muy graves con personal de base.

Ilustración C - 10.
Estructura Organizacional del Organismo Operador.



Esta organización tampoco está definida en un decreto de establecimiento del organismo Operador, pues los servicios se prestan directamente por el Ayuntamiento, lo que motiva que no exista información clara, continua, fidedigna y específica sobre los servicios, sus usuarios, costos de operación y administración, bienes y capital destinados al servicio, consumos, ingresos directos por los servicios y otro tipo de ingresos, cartera vencida, déficits operacionales anuales, etc. Todo lo anterior dificulta el análisis de su eficiencia comercial, administrativa y financiera.

2. Sistema contable

Esta información no pudo ser obtenida.

3. Costos de administración y operación anuales

Esta información no pudo ser obtenida.

D. Esquema financiero y tarifario

I. Tarifas por servicios de suministro de agua potable

El cobro es por cuota fija y está establecida en 280.0 \$/año/usuario. Sólo el 30 % de los usuarios paga el agua.

II. Estadística de consumos e ingresos mensuales y anuales

No se cuenta con históricos de esta información pero se sabe que, en forma indirecta, el sistema contable se encuentra en la tesorería municipal.

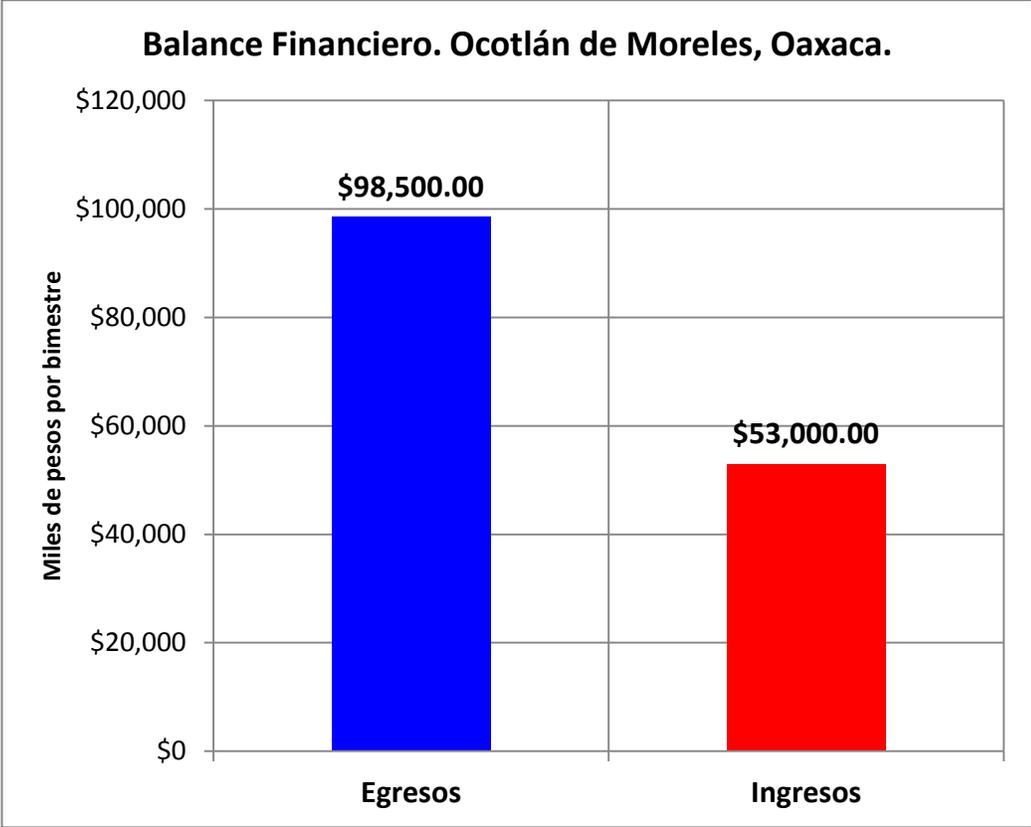
III. Balance financiero

De acuerdo con la información que fue posible recopilar, de manera bimestral la tesorería municipal eroga en promedio \$38,500 pesos para el pago de energía

eléctrica que, sumados a los costos de mantenimiento y operación (estimados en \$60,000 pesos erogados principalmente en sueldos, salarios y prestaciones), el municipio eroga una cantidad cercana a los \$98,500 pesos bimestrales. Considerando el nivel de recaudación (30%) y la tarifa actualmente vigente (25 \$/mes), bimestralmente los ingresos del organismo operador serían del orden de \$45,000 pesos, es decir, tiene un déficit de \$53,000 bimestralmente. Ver Ilustración C -11. El 40 % de los egresos del Organismo Operador corresponden al pago de la energía eléctrica que consumen los equipos electromecánicos.

Traducida en pesos, la pérdida del 90 % del agua que se inyecta a la red equivale a decir que diariamente se pierden \$1,470 pesos (considerando el indicador 11 de la Tabla C-7) y de manera bimestral \$ 88,500 pesos.

Ilustración C - 11.
Balance Financiero. Organismo Operador de Ocotlán de Morelos, Oaxaca



E. Indicadores de evaluación y gestión del servicio.

A continuación se muestran los principales indicadores del municipio que pueden ser calculados a partir de la información proporcionada y estimada.

Tabla C- 7.
Indicadores de gestión y evaluación.

	Indicador	Formula	Unidad	Valor
1	Cobertura de agua potable	$\text{Población con agua potable} \times 100 / \text{Población total}$	%	90
2	Cobertura de alcantarillado	$\text{Población con alcantarillado} \times 100 / \text{Población total}$	%	60
3	Cobertura de tratamiento	$\text{Volumen de agua residual tratada} \times 100 / \text{Volumen de agua residual generada}$	%	40
4	Continuidad del servicio	$\text{Tomas con servicio continuo} \times 100 / \text{Total de tomas activas}$	%	0
5	Incidencia de la energía eléctrica	$\text{Costo de la energía eléctrica} \times 100 / \text{Costos operacionales}$	%	40
6	Cobertura de Macro medición	$\text{Macro medidores instalados funcionando} \times 100 / \text{Fuentes de abastecimiento activa}$	%	30
7	Cobertura de micro medición	$\text{Micro medidores instalados funcionando} \times 100 / \text{Tomas de agua activas registradas}$	%	0
8	Eficiencia física	$\text{Volumen de agua facturada} \times 100 / \text{Volumen de agua producida}$	%	10
9	Eficiencia comercial	$\text{Importe de agua recaudado} \times 100 / \text{Importe de agua recaudado}$	%	30
10	Eficiencia total	$\text{Eficiencia física} \times \text{eficiencia comercial}$	%	3
11	Costo de producción por m ³ de agua potable	$\text{Costos operacionales y administrativos} / \text{volumen extraído}$	\$/m ³	1.27