



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
**UNAM**

# PADHPOT

---

Programa de Apoyo al Desarrollo Hidráulico de los  
Estados de Puebla, Oaxaca y Tlaxcala



INFORME FINAL

2013

# TABLA DE CONTENIDO

CONTENIDO	
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	8
OBJETIVOS	10
Objetivo general	10
Objetivos específicos	10
ACCIONES GENERALES	12
Coordinación de actores	12
Instrumentos jurídicos	12
Comité Técnico	12
Seguimiento a las actividades de los actores del programa	13
Propuesta de indicadores internos y externos	13
Acciones básicas	17
Creación de alianzas con personajes clave	17
Seguimiento a la ejecución del plan de acción del padhpot	18
Primera etapa de identificación de nuevos proyectos	18
Desarrollo de capacidades	21
Curso de capacitación básico	21
Ocotlán de Morelos	23
Coordinación de actores	24
Acciones básicas	24
Inicio de la difusión del programa y de su desempeño	24
Creación de alianzas con organizaciones clave	28
Realización de sondeos, entrevistas y talleres participativos con la comunidad	28
Recopilación de información para el Centro de Documentación	38
Ejecución de un plan de acciones básicas para la mejora de los servicios de agua y saneamiento	39
Formulación de recomendaciones para la medición y monitoreo de consumos	57
Propuesta de acciones de protección y resguardo de fuentes de abastecimiento	60
Elaboración del estudio de sustitución, rehabilitación, y/o ampliación de redes de agua potable y drenaje, rehabilitación y/o construcción de tanques de regulación y líneas de conducción considerando en todos los casos sectorización y control de presiones	61
Elaboración de planos preliminares de infraestructura hidráulica: agua potable y drenaje	73
San Francisco Telixtlahuaca	75

# TABLA DE CONTENIDO

Coordinación de actores _____	76
Acciones básicas _____	76
Inicio de la difusión del programa y de su desempeño _____	76
Creación de alianzas con organizaciones clave _____	77
Realización de sondeos y entrevistas a la comunidad _____	77
Recopilación de información para el Centro de Documentación _____	78
Ejecución de un plan de acciones básicas para la mejora de los servicios de agua y saneamiento _____	79
Formulación de recomendaciones para la medición y monitoreo de consumos _____	97
Propuesta de acciones de protección y resguardo de fuentes de abastecimiento _____	98
Elaboración del estudio de sustitución, rehabilitación, y/o ampliación de redes de agua potable y drenaje, rehabilitación y/o construcción de tanques de regulación y líneas de conducción considerando en todos los casos sectorización y control de presiones _____	99
Elaboración de planos preliminares de infraestructura hidráulica: agua potable y drenaje _____	125
ZIMATLÁN DE ÁLVAREZ _____	127
Coordinación de actores _____	128
Acciones básicas _____	128
Inicio de la difusión del programa y de su desempeño _____	128
Ejecución de un plan de acciones básicas para la mejora de los servicios de agua y saneamiento _____	129
Formulación de recomendaciones para la medición y monitoreo de consumos _____	145
Propuesta de acciones de protección y resguardo de fuentes de abastecimiento _____	146
Elaboración del estudio de sustitución, rehabilitación, y/o ampliación de redes de agua potable y drenaje, rehabilitación y/o construcción de tanques de regulación y líneas de conducción considerando en todos los casos sectorización y control de presiones _____	147
Elaboración de planos preliminares de infraestructura hidráulica: agua potable y drenaje _____	168
Equipo de trabajo _____	169
Bibliografía _____	170

# TABLA DE CONTENIDO

## Índice de Figuras

Figura 1. Acciones por instrumentar durante 2014 .....	18
Figura 2. Taller participativo con regidores.....	25
Figura 3. . Reunión informativa con jefes de colonia .....	26
Figura 4. Taller participativo con jefes de colonia.....	27
Figura 5. Personas entrevistadas en la colonia Unión y Progreso.....	29
Figura 6. Pozo en una escuela .....	30
Figura 7. Tinacos para almacenamiento de agua en una casa de la colonia Centro .....	31
Figura 8. Pipa particular en reparación.....	35
Figura 9. Construcción de un árbol de problemas con los regidores .....	36
Figura 10. Zonas con servicio de agua potable. Las zonas en color azul claro son aquellas que carecen del servicio .....	45
Figura 11. Estado y tipo de pozos.....	46
Figura 12. Pozos en zonas aisladas.....	46
Figura 13. Croquis de localización de zonas aisladas .....	47
Figura 14. Fuga en línea de conducción .....	50
Figura 15. Tanque fuera de uso ubicado en 2DA cerrada de Porfirio Díaz.....	51
Figura 16. Tanque fuera de operación ubicado en calle Violetas.....	51
Figura 17. Zonas de servicio de la cabecera de Ocotlán de Morelos.....	52
Figura 18. Localización de micro medidores instalados.....	53
Figura 19. Volúmenes suministrados por mes de servicio .....	54
Figura 20. Balance general de la cabecera del municipio Ocotlán de Morelos .....	55
Figura 21. Trabajos de levantamiento de la red de distribución de agua potable Ocotlán de Morelos .....	62
Figura 22. Proceso de validación de la información con personal del H. Ayuntamiento Ocotlán de Morelos .....	64
Figura 23. Plano actualizado, referenciado y escalado del municipio de Ocotlán de Morelos, Oaxaca.....	65
Figura 24. Esquema de la red de abastecimiento de agua Ocotlán de Morelos .....	68
Figura 25. Mapa de iso presiones en el sistema de agua potable de Ocotlán de Morelos. ....	70
Figura 26. Velocidades calculadas a partir del modelo matemático elaborado de Ocotlán de Morelos.....	71
Figura 27. Línea principal de la red (tubería a sustituir) .....	73
Figura 28. Sustitución y colocación de líneas, para conectar los tanques Ocotlán de Morelos .....	74
Figura 29. Cambio de presiones, conectando tanques y línea principal Ocotlán de Morelos .....	74
Figura 30. Ampliación de la red Ocotlán de Morelos.....	75
Figura 31. Cambio de presiones, ampliando la red Ocotlán de Morelos.....	76
Figura 32. Cambio de presiones, ampliando la red Ocotlán de Morelos.....	73
Figura 33. Plática informativa sobre los objetivos del Programa .....	76
Figura 34. Nota informativa dando cuenta del inicio de las actividades del PADHPOT .....	77
Figura 35. Equipo del PADHPOT en entrevista radiofónica a través de Radio Panamericana .....	77
Figura 36. Muestra el crecimiento de la cobertura de agua potable (INEGI 2010) .....	86
Figura 37. Muestra los tanques de regulación ubicados en el centro de san francisco Telixtlahuaca .....	88
Figura 38. Muestra el documento que es entregado a la CEA para el conocimiento de la cloración del agua de lunes a viernes.....	90
Figura 39. Muestra el balance hidráulico en la cabecera municipal de San Francisco Telixtlahuaca.....	92
Figura 40. Red de distribución de agua potable de San Francisco Telixtlahuaca.....	93

# TABLA DE CONTENIDO

Figura 41. Grafica que muestra la aportación de aguas residuales a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Francisco Telixtlahuaca.....	95
Figura 42. Trabajos de levantamiento de la red de distribución de agua potable San Francisco Telixtlahuaca .....	100
Figura 43. Instalación de equipos de medición para la estimación de la dotación de agua por parte de los habitantes de San Francisco Telixtlahuaca .....	102
Figura 44. Plano actualizado, referenciado y escalado del municipio de San Francisco Telixtlahuaca Etl, Oaxaca.....	103
Figura 45. Proceso de validación de la información con personal de la CEA del estado de Oaxaca y del H. Ayuntamiento.....	104
Figura 46. Esquema de la red de abastecimiento de agua San Francisco Telixtlahuaca .....	106
Figura 47. Mapa de iso presiones en el sistema de agua potable de San Francisco Telixtlahuaca. ....	109
Figura 48. Velocidades calculadas a partir del modelo matemático elaborado San Francisco Telixtlahuaca. ....	110
Figura 49. Tramo 1 (en color rojo) de tubería por sustituir. ....	112
Figura 50. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 1 .....	113
Figura 51. Tramo 2 (en color rojo) de tubería por sustituir. ....	114
Figura 52. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 2.....	114
Figura 53. Tramo 3 (en color rojo) de tubería por sustituir. ....	116
Figura 54. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 3.....	116
Figura 55. Tramo 4 (en color rojo) de tubería por sustituir. ....	118
Figura 56. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 4.....	119
Figura 57. Sectores hidráulicos propuestos para San Francisco Telixtlahuaca.....	120
Figura 58. Cambio de presiones, ampliando la red San Francisco Telixtlahuaca .....	125
Figura 59. Zonas de servicio .....	136
Figura 60. Tanques de regulación elevados .....	140
Figura 61. Tanques superficiales.....	140
Figura 62. Zonas de servicio .....	141
Figura 63 Balance general en la cabecera del municipio Zimatlán de Álvarez.....	143
Figura 64 Esquema de la red de drenaje.....	144
Figura 65 Trabajos de levantamiento de la red de distribución de agua potable Zimatlán de Álvarez .	148
Figura 66 Vista General de unos de los pozos existente en Zimatlán de Álvarez .....	150
Figura 67. Proceso de validación de la información con personal del H. Ayuntamiento .....	151
Figura 68. Plano de distribución, del municipio de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca .....	152
Figura 69. Esquema de la red de abastecimiento de agua Zimatlán de Álvarez.....	155
Figura 70. Mapa de iso presiones en el sistema de agua potable de Zimatlán de Álvarez.....	158
Figura 71. Velocidades calculadas a partir del modelo matemático elaborado. ....	159
Figura 72. Tramo (en color amarillo) de tubería por sustituir. ....	161
Figura 73. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo .....	162
Figura 74. Cambios en las presiones y velocidades de la red tras la modificación en el tanque 2.....	163
Figura 75. Cambio de presiones, ampliando la red Zimatlán de Álvarez .....	168

# TABLA DE CONTENIDO

## Índice de Tablas

Tabla 1 Indicadores externos e internos .....	14
Tabla 2 organización de las pipas, distribución y prácticas de desinfección de DESINFECCIÓN ..	32
Tabla 3. Precios del agua y gastos de mantenimiento de las pipas de OSTO DEL AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO .....	34
Tabla 4. Precios del agua y gastos de mantenimiento de las pipas de MANTENIMIENTO DE PIPAS .....	35
Tabla 5 Relación de información solicitada .....	39
Tabla 6. Zonas con servicio de agua potable .....	44
Tabla 7. Características de pozos principales .....	48
Tabla 8. Localización de fuentes de abastecimiento .....	48
Tabla 9. Operación de principales pozos .....	49
Tabla 10. Localización de estructuras de almacenamiento .....	50
Tabla 11. Características de estructuras de almacenamiento .....	51
Tabla 12. Balance hidráulico .....	54
Tabla 13. Ventajas y desventajas de los principales sistemas de lectura .....	58
Tabla 14. Resumen de las cantidades de medidores a sustituir en el municipio de Ocotlán de Morelos ..	59
Tabla 15. Información recopilada producto de los trabajos de campo realizados en el municipio de Ocotlán de Morelos .....	63
Tabla 16. Gasto medio del municipio.....	66
Tabla 17. Población estimada por zona de servicio .....	66
Tabla 18. Características de equipos electromecánicos.....	67
Tabla 19. Tanques de regulación .....	67
Tabla 20. Longitud de Tuberías a sustituir Ocotlán de Morelos .....	72
Tabla 21. Longitud de Tuberías nuevas Ocotlán de Morelos .....	72
Tabla 22. Monto estimado de Inversión.....	77
Tabla 23. Listado de la información existente .....	80
Tabla 24. Muestra las características hidráulicas de las fuentes de abastecimiento. ....	87
Tabla 25. Muestra las características hidráulicas de las fuentes de abastecimiento. ....	87
Tabla 26. Características de los equipos de bombeo instalados en las fuentes de abastecimiento .....	88
Tabla 27. Describe el horario en que son operados los pozos del centro de San Francisco Telixtlahuaca .....	89
Tabla 28. Describe las características de los tanques de regulación en el centro de San Francisco Telixtlahuaca. ....	91
Tabla 29. Resumen de las cantidades de medidores a sustituir en el municipio de Ocotlán de Morelos ..	97
Tabla 30. Información recopilada producto de los trabajos de campo realizados en el municipio de San Francisco Telixtlahuaca .....	101
Tabla 31. Gasto medio del municipio.....	105
Tabla 32. Características de equipos electromecánicos.....	105
Tabla 33. Tanques de regulación .....	106
Tabla 34. Longitud de tuberías que resultan necesarias sustituir en San Francisco Telixtlahuaca .....	111
Tabla 35. Longitud de diámetros propuestos para San Francisco .....	111
Tabla 36. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 1 .....	112
Tabla 37. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 2 .....	113

# TABLA DE CONTENIDO

Tabla 38. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 3.....	115
Tabla 39. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 4.....	117
Tabla 40. Propuesta de macro medidores electromagnéticos para los sectores hidráulicos sugeridos.	121
Tabla 41. Propuesta de macro medidores electromagnéticos para los sectores hidráulicos sugeridos San Francisco Telixtlahuaca.....	122
Tabla 42. Relación de información solicitada.....	129
Tabla 43. Zonas de servicio de agua potable.....	135
Tabla 44. Características técnicas y localización de pozos.....	137
Tabla 45. Políticas de operación de pozos.....	138
Tabla 46. Instrumentación en pozos.....	138
Tabla 47. Características de los tanques.....	139
Tabla 48. Coordenadas de localización de los tanques.....	139
Tabla 49. Horarios de abastecimiento.....	142
Tabla 50. Balance general.....	142
Tabla 51. Resumen de las cantidades de medidores a sustituir en el municipio de Ocotlán de Morelos	145
Tabla 52. Información recopilada producto de los trabajos de campo realizados en el municipio de Zimatlán de Álvarez.....	149
Tabla 53. Gasto medio del municipio.....	154
Tabla 54. Características de equipos electromecánicos.....	154
Tabla 55. Tanques de regulación.....	154
Tabla 56. Horario de bombeo de los pozos.....	155
Tabla 57. Longitud de tuberías que resultan necesarias sustituir en Zimatlán de Álvarez.....	160
Tabla 58. Diámetros por sustituir en la red Zimatlán de Álvarez.....	160
Tabla 59. Modificaciones sugeridas en el tanque 2.....	162
Tabla 60. Propuesta sugerida para la red de Zimatlán.....	164

## INTRODUCCIÓN

El firme propósito de aumentar los niveles de eficiencia en los servicios de agua potable, saneamiento y unidades de riego e incentivar la participación de la sociedad en la solución de los problemas hídricos que presentan los municipios Ocotlán de Morelos, Zimatlán de Álvarez y San Francisco Telixtlahuaca, ha llevado a dar inicio a la fase de implementación del Programa de Apoyo al Desarrollo Hidráulico de los Estados de Puebla, Oaxaca y Tlaxcala (PADHPOT), cuyo rasgo distintivo es su integralidad.

La fase de implementación del PADHPOT es derivada de las etapas precedentes del programa, consistentes en 1) la búsqueda de estudios y proyectos existentes y 2) la formulación del programa con base en un pre diagnóstico.

Durante la implementación se llevaron a cabo acciones básicas de impacto inmediato, que dieron inicio al cumplimiento del programa diseñado previamente y se profundizó en el diagnóstico, con el fin de contar con información detallada sobre cada uno de los municipios a fin de proponer estudios, proyectos y estrategias para dar solución a los problemas específicos de las localidades, considerando la particularidad de los contextos en los que surgen.

Las acciones realizadas fueron fruto de la coordinación entre las instancias públicas de los tres niveles de gobierno y el equipo de trabajo de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), logrando obtener un trabajo técnico especializado, realizado siempre en constante vinculación con la sociedad y con los gestores del recurso para crear un entorno de desempeño fundamentado en la transparencia y la rendición de cuentas.

El carácter integral del Programa considera la articulación de todos sus componentes. En el presente documento se detallan las acciones que realizaron en conjunto las áreas de Agua y Saneamiento y el Observatorio Hídrico durante el primer año de implementación; se contempla incluir el componente de Unidades de Riego en años futuros, para obtener un panorama completo que detone el desarrollo hidráulico de forma integral.

Las actividades de los componentes abordados durante el primer año de implementación se llevaron a cabo tanto a nivel general, con acciones que impactan a los tres municipios, presentadas en la primera parte del documento, como a nivel particular de cada uno de los municipios, comprendidas en los apartados correspondientes.

## ANTECEDENTES

El Programa de Apoyo al Desarrollo Hidráulico de los Estados de Puebla, Oaxaca y Tlaxcala (PADHPOT) resulta de una solicitud de la Fundación UNAM y la Fundación Alfredo Harp Helú en 2011 al Instituto de Ingeniería para identificar los estudios y propuestas relacionados con el agua en las tres entidades federativas, aprovechando el resultado de sus experiencias en proyectos hidráulicos exitosos, su capacidad de innovación tecnológica y de convocatoria con los diferentes actores involucrados en la gestión integrada del agua.

La investigación puso de manifiesto un rezago importante en la información, falta de acceso, sistematización y seguimiento de la misma, por lo que se le solicita al Instituto de Ingeniería formular un proyecto que analice y elabore una propuesta para impulsar el desarrollo hidráulico de los estados antes mencionados.

En el año 2012, con apoyo de la Fundación Alfredo Harp Helú, se realizaron visitas de campo y trabajo de gabinete en ocho municipios, considerados como áreas piloto para implementar el Programa. Los municipios visitados son: Ocotlán de Morelos, San Francisco Telixtlahuaca y Zimatlán de Álvarez en Oaxaca; Izúcar de Matamoros, Tehuizingo, San Martín Texmelucan y Cuetzalan del Progreso en Puebla y El Carmen Tequexquitla en Tlaxcala. En las entidades seleccionadas, los principales problemas se refieren a la baja eficiencia en el uso y cobertura de los servicios urbanos y rurales de agua y saneamiento, la contaminación de los cuerpos receptores, baja eficiencia y baja productividad en Unidades de Riego y el abatimiento de los acuíferos.

La experiencia internacional ha demostrado la necesidad de conjugar acciones de desarrollo de infraestructura con intervenciones en el fortalecimiento de la gestión de los recursos naturales, con una participación activa e informada de los diferentes actores para lograr resultados positivos a largo plazo en la implementación de este tipo de proyectos.

El proyecto se ubica en el ámbito de las subcuencas identificadas tomando en cuenta un manejo integral del agua, considerando sus atributos de calidad y cantidad, el manejo conjunto de aguas superficiales y subterráneas, la conectividad en los usos en el sector urbano y rural, y el agua necesaria para garantizar los servicios ambientales. El proyecto sustenta su plan piloto de acción en tres ejes principales:

- a) **OBSERVATORIO HÍDRICO.** El Observatorio Hídrico es una estrategia de información, investigación, planeación, formación y seguimiento acerca de la situación del recurso hídrico en los municipios seleccionados en cada uno de los estados participantes.
- b) **SERVICIOS DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y SANEAMIENTO.** Este componente pretende incrementar la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable en zonas urbanas. Se asocia con el proceso de captar, conducir, regularizar, potabilizar y distribuir el agua, desde la fuente natural hasta los consumidores, desalojarla y tratarla para finalmente reutilizarla en un proceso o servicio.
- c) **UNIDADES DE RIEGO Y CONSERVACIÓN DE SUELO.** Las unidades de riego de aguas superficiales y subterráneas constituyen pequeños sistemas de producción agrícola que agrupan a productores que, en general, no cuentan con la infraestructura hidroagrícola. El

apoyo técnico, capacitación, financiamiento, entre otros muchos factores, son necesarios para poder desarrollar en forma sustentable su principal actividad económica, que es la agricultura de riego.

Dentro de los resultados del diagnóstico realizado durante 2012 por el equipo del PADHPOT destacan: la falta de conocimiento de la existencia de programas de apoyo federales y estatales, la desconfianza de los usuarios hacia sus autoridades políticas, la escasa cultura de transparencia y rendición de cuentas y la falta de capacidades técnicas del personal encargado del manejo del recurso hídrico.

Se ha identificado que durante el desarrollo del proyecto será necesario ejecutar acciones en las que se involucra la participación de diferentes equipos de trabajo: personal del organismo encargado a nivel estatal del recurso hídrico, del PADHPOT y del propio municipio. El éxito del proyecto depende en gran medida de la relación laboral y compromiso entre los diferentes equipos de trabajo. Para facilitar la identificación de responsabilidades se han agrupado tres tipos de actores dentro del programa piloto:

- **INSTITUCIONAL.** Organismos de tipo federal y estatal relacionados con el agua
- **ADMINISTRATIVO.** Representantes y autoridades del municipio o usuarios del agua
- **TÉCNICO.** Encargados de la ejecución de actividades y análisis de resultados

En la actualidad alcanzar el desarrollo hidráulico sostenido requiere, además de la construcción de infraestructura, una adecuada administración de los recursos, incluyendo el hídrico, y el seguimiento del proyecto de crecimiento mediante indicadores que permitan analizar los resultados de la interacción de las actividades de los tres ejes del programa.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

Lograr que los municipios de *San Francisco Telixtlahuaca, Ocotlán de Morelos y Zimatlán de Álvarez* en el estado de Oaxaca gestionen los servicios de agua en el medio urbano en forma eficiente y sustentable para mejorar su competitividad y propiciar un crecimiento acelerado, equilibrado y justo con plena participación de la sociedad. Con base en lo anterior, todo lo que se menciona a continuación estará referido a estos municipios

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) **Establecer** las acciones necesarias para mantener un canal de comunicación entre los actores a nivel Institucional, Administrativo y Técnico, así como dar seguimiento a los compromisos realizados por cada uno de ellos.
- b) **Coordinar** las acciones para la construcción de un acervo de información hídrica que garantice el establecimiento y continuidad de programas y favorezca el conocimiento, así como formar capacidades y promover la participación de la sociedad y la libre información.
- c) **Capacitar** a los municipios para que gestionen los servicios de agua en el medio urbano en forma eficiente y sustentable por medio de asistencia técnica, infraestructura básica y comunicación y participación



## ACCIONES GENERALES

### COORDINACIÓN DE ACTORES

La Coordinación de Actores está referida a todas aquellas actividades que articulan el trabajo interinstitucional entre todos los actores participantes en la ejecución del PADHPOT.

Las tareas que comprende la coordinación de actores se encuadran en el ámbito legal, al crear instrumentos jurídicos que formalicen las colaboraciones, el técnico, al conformar un Comité Técnico con atribuciones específicas para llevar a cabo los estudios y proyectos de manera eficaz y transparente y el de la evaluación del desempeño al dar seguimiento a las actividades ejecutadas y proponer indicadores que contribuyan a monitorear y calificar el desempeño.

---

### INSTRUMENTOS JURÍDICOS

El primer año de implementación del PADHPOT consistió en la ejecución de acciones básicas que llevó a cabo el equipo de trabajo de la UNAM en el estado de Oaxaca, con el apoyo financiero de la Comisión Nacional del Agua y la asignación de los recursos a través de la Comisión Estatal del Agua. La cooperación interinstitucional hizo necesario que el equipo de trabajo del PADHPOT creara y diera seguimiento a la firma del Convenio Específico de Colaboración entre la Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Instituto de Ingeniería con la Comisión Estatal del Agua del Estado de Oaxaca (Ver Anexo 1).

---

### COMITÉ TÉCNICO

Para cumplir con el objetivo de aprovechar de forma íntegra, eficaz y transparente los recursos económicos que se destinen para la elaboración de estudios y proyectos y la ejecución de obra, se elaboró la propuesta para la conformación de un Comité Técnico (Ver Anexo 2) con la participación de la Comisión Estatal del Agua, la Comisión Nacional del Agua de Oaxaca y el personal del Programa de Apoyo al Desarrollo Hidráulico de los Estados de Puebla, Oaxaca y Tlaxcala.

Las tareas de dicho Comité serán las que se enlistan a continuación:

- Revisar el presupuesto para los estudios, proyectos y obras programadas, aceptarlo y/o complementarlo.
- Convenir esquema, metas y formas de participación, así como comprometerse a informar y cumplir con parámetros e indicadores de desempeño pactados.
- Cumplir con la normatividad y reglas de operación de las entidades subsidiarias de los recursos, según sea el caso.
- Recibir los apoyos documentales, financieros y asesorías, y continuar con las acciones convenidas hasta la conclusión de las obras, instalaciones o establecimiento de los sistemas administrativos y operadores necesarios para el éxito del programa.
- Observar transparencia en la ejecución de las acciones a su cargo y rendir cuentas trimestrales sobre el manejo de los recursos financieros proporcionados con claridad, suficiencia y puntualidad.

---

## SEGUIMIENTO A LAS ACTIVIDADES DE LOS ACTORES DEL PROGRAMA

Se llevaron a cabo reuniones con los diferentes actores involucrados en la ejecución de las actividades del PADHPOT, en los diferentes niveles de gobierno.

---

### COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

A nivel federal, se sostuvieron reuniones con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) para establecer los compromisos y acuerdos para la obtención de los recursos federales. Se procuró tener constante comunicación entre la UNAM y dicha dependencia, así como propiciar, a su vez, la coordinación entre la CONAGUA y la Comisión Estatal del Agua, para obtener el apoyo necesario para que el Programa se llevara a cabo de manera favorable (Ver Anexo III).

---

### COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA

Asimismo, se efectuaron reuniones con la Comisión Estatal del Agua, para presentar el programa, establecer acuerdos sobre las funciones y tareas de cada participante y presentar los avances de las acciones básicas (Ver Anexo IV). Dichas reuniones derivaron, inicialmente, en la invitación por parte de la CEA hacia el Instituto de Ingeniería para llevar a cabo el PADHPOT (Ver Anexo V) y la aceptación correspondiente (Ver Anexo VI) y, finalmente, en la firma del Convenio Específico de Colaboración que se mencionó previamente.

---

### MUNICIPIOS

Adicionalmente, se llevaron a cabo acuerdos y reuniones con autoridades de cada uno de los municipios, cuyo detalle se verá más adelante en la sección que le corresponde a cada uno.

---

## PROPUESTA DE INDICADORES INTERNOS Y EXTERNOS

Las acciones que se efectúen en el marco del PADHPOT, deberán ser desempeñadas bajo los principios de rendición de cuentas, es por ello, que se proponen indicadores, tanto externos de cada una de las áreas, reflejados en el desarrollo hidráulico de cada municipio, como internos para monitorear el avance del programa. Se propone que a lo largo de los años próximos de implementación del Programa se reporte el avance de los siguientes indicadores a tanto a la comunidad, como a las instituciones correspondientes a los tres órdenes de gobierno.

**Tabla 1 Indicadores externos e internos**

<b>Componente</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Metas</b>
<b>Indicadores externos de Agua potable y saneamiento</b>	% de cobertura de agua potable % de cobertura de alcantarillado % de fugas en la red Continuidad del servicio (# de días/horas de interrupción del servicio) # de días sin cloro en la red % de muestras que cumplen con la norma de agua para uso y consumo humano	Micro y macro medición. Estudios de laboratorio Registro de actividades de muestreo Bases de datos de calidad y cantidad de agua por puesto de monitoreo Fiscalización en campo	<b>Reducción al 25% de fugas en la red</b> <b>92% de cobertura de agua potable</b> <b>85% de cobertura de saneamiento</b> <b>Incrementar en un 50% la continuidad del servicio</b> <b>Garantizar la presencia de cloro residual libre en la red todos los días del año</b> <b>100% de muestras que cumplen con la norma de agua para uso y consumo humano</b>
<b>Indicadores externos de Unidades de Riego</b>	% de eficiencia de conducción % de eficiencia parcelaria Volumen de agua por hectárea (m <sup>3</sup> /h) Productividad del agua (\$/m <sup>3</sup> ) Consumo unitario de energía (KWh/m <sup>3</sup> )	Micro y macro medición Comprobantes de pago por servicio eléctrico	<b>Reducción promedio del 60% del volumen utilizado por arriba de la concesión</b> <b>Incremento de la utilidad neta con proyecto del 20%</b> <b>Reducción en el pago de energía eléctrica</b>
<b>Indicadores externos de Observatorio Hídrico</b>	# de talleres de capacitación # de personas capacitadas # de campañas de comunicación	Listas de asistencia Memorias de taller Presencia en medios de comunicación	<b>Capacitar al 90% del personal encargado de los servicios de agua y saneamiento</b> <b>Involucrar en al menos una actividad de comunicación y participación al 50% de la población</b> <b>Mantener una presencia constante en</b>

			<b>los medios de comunicación (al menos 1 por semana)</b>
<b>Indicadores internos de desempeño</b>	<b>Índice de Avance Físico</b> <b>Índice de Cumplimiento de Inversión</b> <b>Índice de Balance de Costos</b> <b>Seguimiento al cronograma de actividades</b>	<b>Comprobantes de gastos por obra</b> <b>Fiscalización en campo</b> <b>Informes de avance</b> <b>Informes contables</b>	<b>Cumplir al 100% con el cronograma de actividades</b> <b>Lograr el 100% le ejecución de las obras programadas</b>

Se propone que a lo largo de los próximos años de implementación del Programa se reporte el avance de los anteriores indicadores a tanto a la comunidad, como a las instituciones correspondientes a los tres órdenes de gobierno. En un inicio, no se contará con la información suficiente para atender a la medición de cada indicador, sin embargo, se contempla que al paso del tiempo, se genere la información necesaria para finalizar la etapa de implementación midiendo todos los indicadores.



## ACCIONES BÁSICAS

### CREACIÓN DE ALIANZAS CON PERSONAJES CLAVE

El PADHPOT busca establecer relaciones positivas y de colaboración con organizaciones que trabajan en las localidades atendidas.

Se llevó a cabo la presentación del Programa ante el Diputado electo del Distrito XIX Ocotlán-Zimatlán, Javier César Barroso Sánchez, quien mostró interés en el programa, ofreció sus oficinas para que el equipo del PADHPOT tuviera un espacio de trabajo en Zimatlán y concertó una reunión entre el PADHPOT y los presidentes municipales electos de Valles Centrales, para dar a conocer el programa y fortalecer los lazos de colaboración. De hecho, en dicha reunión, los presidentes municipales electos de San Pablo Huixtepec, la Ciénega de Zimatlán, Santa Anna Zegache y San Antonino Castillo de Velasco manifestaron su interés por escrito en que el Programa también se implemente en los municipios que tendrán a su cargo (Ver Anexo VII).

A nivel estatal, se crearon alianzas con la Responsable del Seguimiento a Egresados de la Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, Dra. Olga J. Montes García, encargada del seguimiento a exalumnos del Instituto de Investigaciones Sociológicas, la cual ofreció las instalaciones de la UABJO para impartir talleres, cursos o realizar foros, que formen parte de las actividades del PADHPOT. Así también, ofreció efectuar la recomendación de estudiantes de antropología para que el Programa contara con personal capacitado y local.

Asimismo, se crearon alianzas con el director de noticias del Diario Noticias, Ismael Sanmartín Hernández, para efectuar la publicación de notas informativas sobre avances del PADHPOT y emitir mensajes que formen parte de campañas promovidas por el programa. En este sentido, también se logró crear lazos de colaboración con medios locales de difusión.

PRIMERA ETAPA DE IDENTIFICACIÓN DE NUEVOS PROYECTOS

Plan de acción

Para alcanzar el objetivo general del programa es necesario ejecutar acciones que impacten positivamente en las localidades seleccionadas. Una característica principal de estas acciones es su capacidad de ser implementadas en otros sitios de condiciones similares y requerir la presencia de pocos especialistas para su control y ejecución, lo que garantizará que aun sin el personal del PADHPOT puedan ser ejecutadas y tener seguimiento.

Las acciones identificadas para incentivar el desarrollo hidráulico de los municipios participantes se han clasificado en cuatro bloques principales de acciones puntuales y un bloque de acciones generales que impactarán a los tres municipios.

En el presente apartado se tratará la descripción de las actividades que se han identificado sin llegar al detalle, para tener mayor información al respecto de las mismas referirse a la tabla del Programa de Inversiones anexa a este informe.

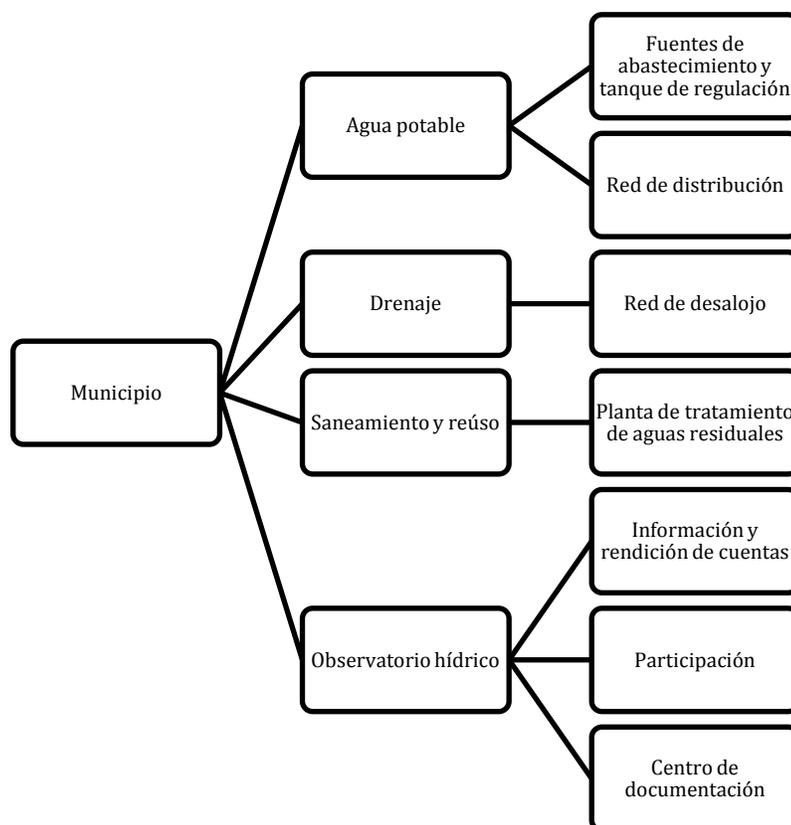


Figura 1. Acciones por instrumentar durante 2014

Esquema de acciones para cada municipio

## Acciones generales

Las acciones en este bloque serán realizadas dentro del eje de operación del Observatorio Hídrico y consisten en:

- Creación de un centro de documentación. Concentrará toda la información existente relacionada con los recursos hídricos de cada municipio, se permitirá la consulta pública de todos los documentos que en éste se encuentren
- Formación. Fomentará el desarrollo de capacidades en el personal encargado de la operación de los sistemas
  - Se impartirán cursos de capacitación básicos que garanticen el desarrollo del personal operativo que cuente con los conocimientos necesarios para el adecuado manejo de los sistemas de agua potable y saneamiento
  - Se realizará un foro intermunicipal en el cual se compartirán experiencias entre los organismos operadores participantes

## Agua potable

### Fuentes de abastecimiento y tanques de regulación

En las fuentes de abastecimiento y tanques de regulación se planea la implementación de tres acciones principales que impactarán directamente en la capacidad y el costo de extracción de agua en las cabeceras municipales, además permitirán el monitoreo de volúmenes suministrados destinados al uso y consumo humano y reducirán el riesgo de vandalismo en elementos clave del sistema.

- Instalación de macro medidores en fuentes de abastecimiento y salida de tanques de regularización. Data logger incluido. Grado de protección IP 68
- Ejecución de programa de rehabilitación, conservación y protección a elementos del sistema de abastecimiento de agua: fuentes de abastecimiento y tanques de regularización
- Programa de sustitución de equipos electromecánicos de baja eficiencia por equipos de alta eficiencia, rehabilitación de ademe y demás elementos mecánicos de las fuentes de abastecimiento, así como trenes de descarga

### Red de distribución

Los trabajos planeados en la red de distribución permitirán mejorar el servicio de agua potable de las localidades reduciendo la dificultad de operación del sistema y mejorando su eficiencia física, además permitirán el monitoreo de volúmenes consumidos por los usuarios, lo que permitirá generar cobros justos por el servicio de agua potable e incrementarán el número de personas en la cabecera municipal con acceso al servicio de agua por tubo.

- Sustitución de tubería dañada de diferentes materiales
- Construcción y rehabilitación de cajas de válvulas
- Adquisición e instalación de válvulas de seccionamiento
- Regularización de tomas domiciliarias
- Adquisición e instalación de micro medidores volumétricos en tomas domiciliarias. Grado de protección IP 68. Con Data logger
- Ampliaciones al sistema de agua potable
- Planeación y ejecución de una campaña de medición de calidad del agua en diferentes puntos de la red. Siguiendo la NOM-127-SSA1-1994

## Drenaje

Los proyectos planeados para el sistema de drenaje se enfocan en mejorar la eficiencia de la red de desalojo de aguas residuales y al mismo tiempo incrementar la cobertura de este servicio.

- Construcción de drenaje sanitario a calles centrales del centro de la cabecera municipal que no disponen del servicio
- Construcción de drenaje sanitario a colonias ubicadas en la periferia de la cabecera municipal que no disponen del servicio

## Saneamiento y reúso

Las diferentes situaciones en cuanto al saneamiento y reúso de aguas residuales en las tres cabeceras municipales orienta la planeación de proyectos de diferente índole para cada localidad, los planes y proyectos ejecutados permitirán la medición de la eficiencia de los sistemas actuales de saneamiento, el incremento en la cobertura de saneamiento y una significativa disminución de la contaminación en cuerpos receptores de agua tratada.

- Planeación y ejecución de una campaña de medición de parámetros de calidad del agua residual. Se realizará en los tres municipios
- Propuesta y proyecto ejecutivo de rehabilitación de la actual Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Sanfrancisco Telixtlahuaca
- Propuesta y proyecto ejecutivo de construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Zimatlán de Álvarez
- Propuesta de ampliación y mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Ocotlán de Morelos

## Observatorio hídrico

Las actividades del observatorio hídrico, que en sí constituyen un proyecto, permiten el control del flujo de información y la transparencia del mismo mediante estrategias de comunicación que mantengan a la población informada del funcionamiento de los sistemas de agua potable y, al mismo tiempo, funcionen como plataforma para rendir cuentas sobre las acciones que se llevan a cabo en el PADHPOT; la participación de la población informada permitirá estimular el uso responsable del agua y el cuidado de su calidad. Además se concentrará toda la información existente relacionada con los recursos hídricos de cada municipio y ponerla a disposición de todo público que desee consultarla

- Información y rendición de cuentas
- Participación
- Centro de documentación

---

### CURSO DE CAPACITACIÓN BÁSICO

El equipo de trabajo del PAHPOT elaboró e impartió un curso de capacitación básico a los responsables de los sistemas de agua potable. Los temas abordados fueron: sistemas de medición, sectorización y recuperación de fugas.

El propósito del curso fue el de brindar una idea acerca de las acciones que promueven el uso eficiente del agua en el ámbito urbano así como las estrategias que buscan el recuperar pérdidas físicas de agua y su importancia en el ámbito económico y financiero.

Por cuestiones administrativas al curso solamente asistieron los encargados del sistema de la cabecera municipal de San Francisco Telixtlahuaca, por las problemáticas con el cambio en la administración de Ocotlán de Morelos y el exceso en la carga laboral de los encargados de operar en Zimatlán de Álvarez no fue posible que asistieran al primer curso básico de capacitación, sin embargo queda el compromiso por parte de las autoridades locales y del personal del PADHPOT de realizar frecuentemente este tipo de cursos en los diferentes municipios.

Una vez terminada la presentación de los temas mencionados se realizó una sesión de preguntas y respuestas en las que se identificaron inquietudes del personal operativo como: diámetro de tuberías adecuado para sus sistemas, adecuada operación de válvulas, mejoras en la distribución de agua, beneficios de la sectorización, entre otras.





## COORDINACIÓN DE ACTORES

El PADHPOT tiene el compromiso de trabajar estrechamente con autoridades de todos los niveles de gobierno, por lo que se presentó el Programa y el plan de trabajo general ante el síndico municipal y los regidores para conocer sus puntos de vista y obtener su aceptación. Por exhortación del equipo del PADHPOT, se realizó un Acta de Sesión Extraordinaria de Cabildo (Ver Anexo VIII) en la que participaron el presidente municipal, el síndico municipal, la secretaria y los regidores, para firmar la aceptación del Programa y comprometerse a trabajar con transparencia y rendición de cuentas, a conformar un organismo operador, a asignar a personal calificado y tomar los cursos de capacitación que se impartan como parte del Programa con el fin de desarrollar capacidades para brindar un mejor servicio de agua potable y saneamiento.

## ACCIONES BÁSICAS

---

### INICIO DE LA DIFUSIÓN DEL PROGRAMA Y DE SU DESEMPEÑO

Uno de los objetivos del Observatorio Hídrico es garantizar la rendición de cuentas en las acciones referidas a la gestión del recurso hídrico. Ésta es entendida, en concordancia con lo que determina la Secretaría de la Función Pública de México, como un concepto que define un modelo de relación entre ciudadanos y gobierno, en el que hay un doble proceso, primero de responsabilización de los actores que forman parte de la estructura gubernamental y, segundo de participación de los ciudadanos en los asuntos públicos. El modelo obliga a los funcionarios a explicar o informar lo que hacen, a escuchar la opinión de los ciudadanos y a ser objeto de sanciones y/o reconocimientos por su desempeño.

En este sentido, se llevaron a cabo acciones de difusión en medios, reuniones, talleres participativos y entrevistas a la comunidad, a través de los cuales se cumplieron dos objetivos estrechamente relacionados con prácticas de rendición de cuentas: 1) se dio a conocer el PADHPOT ante la comunidad, mencionando su objetivo, sus componentes, su duración y algunas de las estrategias propuestas y 2) se escucharon los problemas que la comunidad identifica en torno a la situación del recurso hídrico en sus comunidades, así como las soluciones que proponen ante los mismos.

Adicionalmente, se estableció contacto con los medios de comunicación locales, con el fin de informar a la población sobre las acciones que se llevan a cabo y las que se tienen programadas.

---

### NOTICIAS

Se estableció una alianza con el director de noticias del diario Noticias de Oaxaca, para difundir los avances del PADHPOT. Se publicaron 4 notas informativas tanto en prensa escrita como en línea (Ver Anexo IX):

La primera con el objetivo dar a conocer el inicio de las actividades, la segunda informando sobre el aumento de la disponibilidad del agua en un 27% gracias a la colocación de un equipo de bombeo en los pozos, la tercera sobre la rehabilitación de la tubería que presentaba numerosas fugas y el restablecimiento de la energía eléctrica que permitió que los equipos de bombeo de los pozos volvieran a funcionar, la cuarta sobre el análisis que hizo el equipo del PADHPOT a través del cual determinó que sí existe suficiente agua disponible para ofrecer el servicio con mayor frecuencia a los ocotenses y la necesidad de mejorar la distribución.

---

## ENTREVISTA RADIOFÓNICA

Se efectuó una entrevista de radio con el director de noticieros Francisco Fink, a través de la radiodifusora local “Estéreo Arcángel” 92.1 de FM, a través de la cual se dio a conocer el objetivo del Programa, sus componentes y las principales estrategias a llevar a cabo. Asimismo, se invitó a la gente a participar y dar sus puntos de vista sobre las estrategias planteadas.

---

## TALLER PARTICIPATIVO Y ENTREVISTAS A REGIDORES

Se efectuó un taller participativo con 13 asistentes, entre los que se encontraban los regidores de agencias y colonias, salud, obras, educación, cultura y recreación, panteones y jardines, protección civil, mercados y ecología, algunos asistentes de regidores y el secretario municipal.

Se informó sobre los objetivos del programa, las áreas y las acciones que se contempla realizar. Adicionalmente, con base en la herramienta del árbol de problemas, correspondiente a la metodología del diagnóstico participativo de comunicación rural, fue posible conocer los principales problemas que identificaban los regidores.

Como información complementaria, se realizaron entrevistas a regidores, a través de las cuales fue posible conocer que el grupo se encuentra dividido en dos: por un lado se encuentran regidores que conservan su lealtad hacia el presidente municipal y, por el otro, los que ya no simpatizan con él y que apoyaron la toma de la presidencia municipal en demanda de transparencia y rendición de cuentas en su administración.



**Figura 2. Taller participativo con regidores**

---

## REUNIÓN INFORMATIVA CON JEFES DE COLONIA

Se solicitó a la Regidora de Agencias y Colonias, María Isabel Martínez Vázquez, su apoyo para convocar a los jefes de colonia y representantes de la comunidad en general a una reunión para ofrecerles información sobre el programa.

Uno de los objetivos de la reunión era el ser incluyentes para escuchar tanto a las personas que tienen contacto con las autoridades municipales, en específico con la regidora de Agencias y Colonias, como a las que no lo tienen. Es por ello, que el equipo de trabajo del PADHPOT se dio a la tarea de visitar los hogares de las personas que no suelen tener contacto con la regidora.

La reunión se realizó con 10 representantes y jefes de las colonias: Benito Juárez, La Tortolina, La Chuilahua, Santa María Tocuela y Jacarandas, la gran parte invitados del equipo del PADHPOT. En ella se dio a conocer el objetivo del Programa y sus componentes, dando lugar a la retroalimentación por parte de la comunidad, la cual fue favorable y en total aceptación del PADHPOT. Se les solicitó apoyo a los asistentes para que convocaran a otros jefes de colonia e integrantes de la comunidad en general para realizar un taller participativo en el que fuera posible escuchar los problemas y soluciones que identifican entorno a la situación del recurso hídrico.

Los asistentes mostraron su disposición para apoyar y se acordó llevar a cabo los talleres en sedes alternas a las oficinas municipales, porque de lo contrario no habría quórum, debido al descontento de la comunidad con las autoridades municipales.



**Figura 3 . Reunión informativa con jefes de colonia**

---

## TALLERES PARTICIPATIVOS CON JEFES DE COLONIA Y POBLACIÓN EN GENERAL

En la primera visita a Oaxaca se realizaron dos talleres con jefes de colonia y con personas de la comunidad en general. Al primero asistieron 24 jefes de colonia de la zona alta de Ocotlán de Morelos, específicamente de las colonias La Chilahua, Loma Grande, La Tortolita y La Esperanza. Al segundo asistieron 25 personas de la zona centro y de las colonias Jacarandas y Tocuela. En los talleres se presentó el programa y se indagó sobre los problemas y soluciones que las personas identificaban respecto a la situación del recurso hídrico.

En una segunda visita al municipio se realizó un tercer taller participativo con 15 personas de las Colonias La Chilahua y Jacarandas. En ellos se informó sobre el avance del programa, las acciones que se tienen programadas para el próximo año y se indagó sobre la forma de distribución del agua en esas colonias y las prácticas de cuidado de calidad del agua por parte de la población.



**Figura 4. Taller participativo con jefes de colonia**

---

## CREACIÓN DE ALIANZAS CON ORGANIZACIONES CLAVE

Adicionalmente a las alianzas creadas con autoridades y organizaciones que competen a los tres municipios mencionadas anteriormente, para el caso de Ocotlán de Morelos, se crearon alianzas con las radiodifusoras locales Radio Fandango y Estéreo Arcángel, con el objetivo de que a través de sus espacios se difundan los avances del Programa y se emitan los mensajes que formen parte de campañas promovidas por el PADHPOT y con la responsable del Programa Oportunidades en el Instituto Mexicano del Seguro Social para compartir información sobre las campañas de salud en torno a la desinfección del agua que se lleven a cabo.

---

## REALIZACIÓN DE SONDEOS, ENTREVISTAS Y TALLERES PARTICIPATIVOS CON LA COMUNIDAD

Con el objetivo de integrar información sobre los conocimientos, actitudes y prácticas de la población a los planes de trabajo del PADHPOT y trabajar, de esta forma, en un marco participativo de empoderamiento de los programas por parte de la comunidad, se llevaron a cabo los talleres participativos, sondeos y entrevistas.

Se realizaron los talleres participativos descritos en la sección de difusión del programa, en los que, además de informar sobre los objetivos y componentes del PADHPOT, se recopilaron las aportaciones de los participantes.

Se realizaron 41 entrevistas: a cuatro personas que proveen el servicio de pipas (uno municipal, un particular, un particular que dijo pertenecer al sindicato y uno del comité del mercado), a un verificador de pipas de la secretaría de salud, a 10 personas a las que se les colocó medidor de agua, una por cada zona de servicio, a 7 habitantes del centro, dueños de negocios que ocupan una cantidad de agua mayor que el promedio, como son: lavanderías, escuelas y hoteles, a 8 habitantes del centro, a 10 habitantes de las zonas periféricas y a un periodista.

Asimismo, se efectuaron sondeos rápidos, cuyos resultados se agregan a la información recabada en las entrevistas y talleres. Gracias a la gran riqueza informativa obtenida de fuentes variadas y a través de distintas técnicas de investigación, fue posible hacer cruces de datos para ofrecer un acercamiento más certero a la realidad y poder efectuar la descripción del sistema de agua potable y saneamiento, sus problemáticas percibidas por la gente y sus posibles soluciones, también manifestadas por la población. A continuación se presentan dichos resultados.



**Figura 5. Personas entrevistadas en la colonia Unión y Progreso**

---

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ACUERDO A LA POBLACIÓN

### *CAPTACIÓN*

La población manifiesta que aproximadamente 4 de cada 10 personas que habitan en la periferia cuentan con pozos tipo noria para su consumo y, en ocasiones, para el consumo de sus vecinos, a quienes comparten el agua. En el centro, una cantidad significativa de negocios cuyas actividades implican usar más agua que el promedio de la población, tales como lavanderías, escuelas y hoteles, cuentan con un pozo propio. También los piperos particulares y los asociados a sindicatos cuentan con sus propios pozos, de los que se abastecen para distribuir agua a la población.



**Figura 6. Pozo en una escuela**

## *ACONDICIONAMIENTO*

### *Agua para consumo humano*

La población del centro expresa que consume agua de garrafón, aproximadamente uno cada tres días. La gran mayoría compra garrafones de purificadoras locales, porque su costo es menor, 15 pesos por garrafón, que el de las grandes empresas purificadoras como Gugar o Bonafont, cuyo costo es de 25 pesos la primera y 30 pesos la segunda.

La población de la periferia dice que consume agua de garrafón, sin embargo también mencionó que a veces la toma “cruda”, directamente de pozo, sin desinfectarla. A pesar de que la gran mayoría de las personas manifestó tener conocimiento y mencionó las formas de desinfección del agua, tales como hervirla o aplicar dos gotas de cloro por cada litro de agua. El conocimiento de la población respecto a

estas formas de desinfección, es en gran parte gracias a las campañas que han efectuado el Centro de Salud y la Clínica del Seguro Social.

La gente declaró que consume agua directamente de pozo sin ningún proceso de desinfección porque: “a veces no alcanza el dinero para comprar agua de garrafón”, “no le gusta el sabor del cloro”, “no la quiere hervir porque el gas cuesta muy caro” o bien, le “da flojera estarla hirviendo”.

Cabe mencionar que no existe la plena confianza en que el agua del garrafón sea de mejor calidad que la del pozo, ya que en los garrafones han encontrado animales llamados “cortatripas”, los cuales, refieren, son las larvas del zancudo.

### *Agua para uso humano*

Las personas almacenan el agua en tinacos. La población del centro indica que lava sus tinacos una o dos veces al año, mientras que la gente de la periferia dice que los lava cada mes o cada dos meses, o cuando se forma una capa verdosa en el interior.

Los piperos, por su parte, manifiestan prácticas muy distintas respecto a la desinfección del agua, uno declaró no clorar el agua, debido a que a la gente no le gusta el sabor del agua con cloro y el resto dijo clorar el agua, pero en diversas cantidades que van desde 250 mililitros por cada 3,000 litros de agua hasta la misma cantidad de cloro para 10,000 litros de agua.



**Figura 7. Tinacos para almacenamiento de agua en una casa de la colonia Centro**

## CONDUCCIÓN

La población de la periferia manifiesta que existe una gran cantidad de fugas en el centro, sin embargo los habitantes de la zona céntrica dicen que no hay fugas.

## DISTRIBUCIÓN

A las personas que habitan en el centro se les distribuye agua por medio de la red de forma diferenciada, algunos declaran que les llega cada 8 días mientras otros manifiestan que es cada 20 días o más y todos señalan que en los meses de febrero y marzo la distribución es más esporádica y en ocasiones duran 40 días sin agua.

Las personas que tienen red y a las que no les llega suficiente agua para satisfacer sus necesidades, solventan la carencia comprando pipas particulares, ya sea pertenecientes a una asociación o no.

A las colonias que no cuentan con red, se les distribuye el agua por medio de la pipa municipal, una vez cada 15 días. Sin embargo, hay familias a las que no les es suficiente abastecerse cada 15 días y requieren complementar la dotación con la compra de pipas particulares

<b>Tipo de organización</b>	<b>Municipales</b>	<b>Comité de mercado (pipa del municipio)</b>	<b>Asociaciones y sindicatos La soledad Nis-beu CTM, CROC, CNP</b>	<b>Particulares</b>
<b>Número de unidades</b>	2	1	35	10
<b>¿Cloran el agua?</b>	No	Sí	Sí	Sí
<b>¿Cómo?</b>		<ul style="list-style-type: none"><li>• 250ml / pipa de 10,000 litros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 250ml / pipa de 3,000 litros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 250ml / pipa de 3,000 litros</li><li>• 500ml. de cloro al pozo cada 8 días</li></ul>
<b>¿A quién distribuyen?</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Usuarios de colonias sin red de agua potable</li><li>• Escuelas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mercado</li><li>• Usuarios a tres colonias donde no hay red</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• usuarios sin red</li><li>• usuarios con red</li></ul>	

## SANEAMIENTO

Los habitantes de las colonias que se ubican en el centro dicen contar con drenaje y que éste funciona bien, mientras que las colonias de la periferia no tienen este servicio.

#### *PRECIO DEL AGUA*

Respecto al precio del agua, las personas manifiestan que se cobra una cuota fija de 40 pesos al mes para los que tienen red de agua potable, independientemente de la cantidad y la periodicidad con la que dispongan del recurso. Sin embargo, ninguna de las personas entrevistadas manifestó pagar el agua, algunos mencionaron que hace mucho que no se paga, porque no hay quien administre el cobro en el municipio y otros más decían desconocer cuanto se pagaba de agua, pero sí conocían el costo del resto de los servicios, tales como gas y luz. En general, no hay una cultura de pago del agua.

Por otro lado, a las personas que no cuentan con red de agua, se les proporciona el servicio por medio de las dos pipas municipales o bien a través de una pipa municipal que antes estaba en posesión de las personas que tomaron el palacio municipal y que fue recuperada y ahora es administrada por el comité del mercado.

La pipa municipal cobra \$30.00 por abrir la válvula de la pipa durante 3 minutos, tiempo en el que se alcanza a llenar un tinaco de 1,000 a 1,100 litros. Por lo regular, cada familia cuenta con tres tinacos para almacenar el agua, por lo que pagan \$90.00 por 3,000 litros, cada 15 días.

Las personas que compran agua de pipas particulares, cuyo costo varía entre los \$80.00 y \$150.00 por 3,000 litros, cuando: a) cuentan con red de agua potable pero reciben el agua cada 20 días o más, b) cuentan con red de agua potable, pero les tarda 40 días en llegar en febrero y marzo o c) no cuentan con red y no les alcanza con la cantidad de agua que les deja la pipa municipal, por el número de personas que viven en la casa.

**Tabla 3. Precios del agua y gastos de mantenimiento de las pipas**

Ubicación		Centro				Periferia		
Agua para uso humano	<b>Fuente o sistema de distribución</b>	Red y pipa sólo en febrero y marzo	Red y pipa particular	Pipa particular	Pozo	Pipa municipal	Pipa municipal y particular	Pozo
	<b>Periodicidad</b>	Llega cada 8, 15 o 20 días	Red: cada 20 días Pipa: una o dos veces al mes	2 veces al mes		2 veces al mes	Municipal: 2 veces al mes Particular: Una vez al mes	
	<b>Costo de agua para uso humano</b>	De \$240 a \$450 en febrero y marzo (pipa)	De \$ 80 a \$300 al mes	De \$180 a \$ 300 al mes	No paga el agua	\$ 180 al mes	De \$ 260 a \$330 al mes	No paga el agua
Agua para consumo humano	<b>Fuente</b>	Agua embotellada de purificadoras locales o de purificadoras como Gugar y Bonafont						
	<b>Periodicidad</b>	15 garrafrones al mes en promedio						
	<b>Costo de agua para consumo humano</b>	\$ 225 al mes – de purificadora local \$390 al mes – marca Gugar \$450 al mes- marca Bonafont				\$ 225 al mes – de purificadora local		
<b>Ingreso mensual promedio por familia</b>		De \$5,000 a \$14, 000				De \$4,000 a \$5,000		

<b>Tabla 4. Precios del agua y gastos de mantenimiento de las pipas</b>				
<b>Tipo de organización</b>	Municipales	Comité de mercado (pipa del municipio)	Asociaciones y sindicatos La soledad Nis-beu CTM, CROC, CNP	Particulares
<b>Precio de las pipas</b>	\$90 / 3000 litros	\$45/ 3000 litros	\$100-\$150/ 3000 litros	\$80-\$100/ 3000 litros
<b>Ingreso mensual:</b>	De \$6,400 a \$8,000	No Contestó	No Contestó	De \$8,000 a 10,000
<b>Sueldo mensual</b>	\$5,200) (le paga el municipio	No Contestó	No Contestó	De 2,350 a 4,350
<b>Costo combustible al mes</b>	\$2,700	\$3,000	No Contestó	\$3,000
<b>Composturas y refacciones al mes</b>	\$ 3,500	\$3,000	No Contestó	\$2,500
<b>Luz</b>			No Contestó	\$150



**Figura 8. Pipa particular en reparación**

---

## PRINCIPALES PROBLEMAS IDENTIFICADOS POR LA POBLACIÓN

### *REGIDORES*

En el marco de un taller participativo, fue posible conocer los principales problemas que identificaban los regidores, con base en la herramienta del árbol de problemas, correspondiente a la metodología del diagnóstico participativo de comunicación rural. Los problemas señalados son los siguientes:

“Mala administración”

“Falta de transparencia y rendición de cuentas”

“Falta de infraestructura”

“Falta de mantenimiento a la red”

“Falta de estudios para saber de dónde obtener agua”



**Figura 9. Construcción de un árbol de problemas con los regidores**

## *POBLACIÓN EN GENERAL*

Como se mencionó con anterioridad, se realizaron talleres con la población en general, tanto la que vive en el centro, como la que habita en las colonias de la periferia. Ambos grupos coinciden en la creencia de que “en Ocotlán de Morelos sí hay agua disponible y suficiente para abastecer a los habitantes, sin embargo, las autoridades no la distribuyen adecuadamente”. Su pensamiento se fundamenta en que hay personas que han cavado pozos tipo noria en sus casas para su consumo personal y han encontrado agua desde 3 metros de profundidad.

Por otro lado, también en ambos talleres también se identificó como uno de los principales problemas el elevado costo del agua, debido a que ésta la obtienen a través de pipas, cuyo costo oscila entre los 80 y 150 pesos. La frecuencia de compra varía dependiendo del número de integrantes por familia; hay familias que deben efectuarla una vez a la semana, mientras que otros lo hacen una vez al mes.

Asimismo, fue posible notar que en los dos talleres hubo diferencias en la priorización de problemas, de acuerdo a la zona en que habitaban.

Los habitantes de las zonas altas de Ocotlán de Morelos manifestaron problemáticas que pueden englobarse en las siguientes frases:

- 1) “no tenemos agua”;
- 2) “hay mala administración” y
- 3) “hay desinterés de las autoridades municipales”.

Mientras que los pertenecientes a la zona centro, refirieron que:

- 1) “no llega suficiente agua”;
- 2) “hay muchas fugas en el centro”;
- 3) “el drenaje es insuficiente” y
- 4) “hay desperdicio de agua por parte de algunas personas”.

---

## *PRINCIPALES SOLUCIONES IDENTIFICADAS POR LA POBLACIÓN*

En cuanto a las propuestas de solución, éstas también son diferentes de acuerdo al lugar donde se habita. Aquellos que viven en la zona alta consideran que la vía es tomar la concesión que mencionan tener de un pozo profundo (que se perforó y nunca proporcionó agua) para hacer otro tipo noria del que sí puedan obtener agua para abastecerse de él a través de una red y que se coloquen medidores para que cada quien pague sólo el agua que se consuma. Además, consideran que, frente al desinterés

de las autoridades, la alternativa es formar un comité ciudadano que se encargue de todas las labores que tienen que ver con el servicio de agua y saneamiento.

Por su parte, la población que habita en la zona centro refiere que la solución a los problemas es comprar un pozo que ahora pertenece a un particular, para abastecerse de él, multar a quienes desperdician el agua y establecer cuotas justas.

En una segunda visita al municipio se realizó un tercer taller participativo con 15 personas de las Colonias La Chilahua y Jacarandas. En ellos se informó sobre el avance del programa, las acciones que se tienen programadas para el próximo año y se indagó sobre la forma de distribución del agua en esas colonias y las prácticas de cuidado de calidad del agua por parte de la población.

---

## RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

El Observatorio Hídrico creará un Centro de Documentación Hídrica en los próximos años de implementación del Programa, con la finalidad de abrir la información que poseen las instituciones públicas relacionadas con la gestión del agua hacia toda la sociedad, propiciando que exista una transparencia activa que permita no sólo la observancia por parte de los ciudadanos, sino que sea iniciativa de la autoridad el divulgar la información. Asimismo y de acuerdo con la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública para el Estado de Oaxaca, la información transparente deberá ser inteligible, relevante, verificable, incluyente, oportuna y accesible.

Se recopiló información en posesión de la comunidad, consistente en:

- Estudio Geohidrológico realizado en 2007, con el objetivo de “localizar el sitio que puedan (*sic*) cumplir con las características geohidrológicas favorables para el almacenamiento de agua subterránea que permita suministrar el vital líquido a las colonias del municipio de Ocotlán de Morelos, Oaxaca.”
- Oficio de solicitud de la concesión para perforar un pozo profundo en el Municipio, por parte del expresidente municipal, Sergio Meraz Concha, en funciones en el 2008, sin sello de recibido.
- Constancia de mayoría y validez de la elección de concejales a los ayuntamientos del 2007, expedida por el Instituto Electoral de Oaxaca.
- Cédula de identificación fiscal del Municipio de Ocotlán de Morelos, Oaxaca.
- Declaración de Pago en Materia de Aguas Nacionales de enero a marzo de 2009.
- Solicitud de servicios de nueva concesión o asignación de aprovechamiento de aguas subterráneas y permiso de obra, sin sello de recibido.
- Notificación de no requerimiento de autorización en materia de impacto ambiental, dirigida al expresidente municipal, Sergio Meraz Concha, por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Constancia de la falta de conexión a la red de drenaje de las colonias Unión y Progreso, La Chilahua y Loma Grande, expedida por el expresidente municipal, Sergio Meraz Concha.

---

## EJECUCIÓN DE UN PLAN DE ACCIONES BÁSICAS PARA LA MEJORA DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO

Como parte de las acciones ejecutadas durante este año, se llevó a cabo un plan de acciones básicas cuyo propósito ha sido incidir positivamente en la eficiencia y productividad en el uso del agua en los municipios atendidos por el PADHPOT. A continuación se muestran los resultados de dicho plan

---

### REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN DE REFERENCIA

La solicitud de información se realizó con las autoridades correspondientes mediante un oficio escrito que el equipo de trabajo del PADHPOT entregó en las oficinas del H. Ayuntamiento. La Tabla 5 muestra el listado de la información que fue solicitada y la disponibilidad de la misma en las oficinas, la información no disponible se estimó o calculó durante las visitas de campo destinadas a la validación de la información.

**Tabla 5 Relación de información solicitada**

Área	Fuente de Información	Información a recopilar	Observaciones	Dato
General	Población	Población total		21,341 hab
		Población histórica	De los últimos tres censos y conteos nacionales	1995-17,180 hab 2000-18,183 hab 2005-19,591 hab
		Población con servicio de agua potable		2,278 tomas 13,668 hab
		Población con servicio de alcantarillado		No disponible
		Padrón de usuarios	Total de tomas registradas	Con y sin medidor
	Número de tomas domiciliarias	Con y sin medidor		
	Número de tomas comerciales	Con y sin medidor		
	Número de tomas Industriales	Con y sin medidor		
	Número de tomas con servicio continuo			
	Número de tomas por colonia	Domésticas y no domésticas		

		Número de tomas por clase socioeconómica	Clase popular, media y residencial	
		Número de tomas por ruta de lectura	Domésticas y no domésticas	
		Número de manómetros en el sistema		
	Relación y estudios de factibilidades	Cobertura de agua potable, drenaje, saneamiento y reúso	En porcentaje de área y de habitantes	No disponible
		Zonas de crecimiento de población	Colonias o fraccionamientos en proceso, con número de tomas	No disponible
	Oficinas gubernamentales	Índice de hacinamiento	Número de personas por vivienda o toma domiciliaria doméstica	No disponible
		Planos de traza de calles, colonias y nombres	Geo referenciado, con escala real e imagen satelital.	Google Maps
<b>Técnica</b>	Estadísticas de producción y operación	Fuentes de abastecimiento		No disponible
		Número de Pozos		5
		Número de fuentes superficiales (galerías filtrantes, ríos, presas, etc.)		2
		Tanques de regulación		2
		Número, tipo y volumen de tanques de regulación		No disponible
		Volúmenes suministrados al sistema	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual generada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual tratada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual tratada reutilizada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Costo operacional del sistema		No disponible
		Número de Macro medidores instalados en el sistema		No disponible

		Número de Macro medidores instalados y funcionando en el sistema		No disponible
		Características de los macro medidores instalados en puntos de suministro	Tipo, modelo, fecha de instalación y calibración, diámetro	No disponible
Archivos digitales y mapotecas		Planos de la red de agua potable	A escala real, georeferenciados, con diámetros, materiales, rugosidades y longitudes de tuberías, cotas topográficas en cruceros y tipos, ubicación de pozos, rebombes, tanques, válvulas; preferentemente en formato AutoCAD.	No disponible
		Planos de la red de drenaje, estudios y reportes de mantenimiento y proyectos existentes	A escala real, georeferenciados, con diámetros, materiales, rugosidades y longitudes de atarjeas, colectores y emisores, pozos de visita cotas topográficas en pozos de visita, ubicación de pozos, cárcamos; preferentemente en formato AutoCAD.	No disponible
		Planos de perfiles de conducciones	Con indicaciones de cambio de diámetro y material, ubicación de válvulas, de aire y desfogue	No disponible
		Planos de perfiles de emisores	Trayectoria, cotas, diámetro y punto de descarga	No disponible
		Planos de topografía	En planta, con curvas de nivel a cada 0.5 metros en terreno muy accidentado y a cada 2 metros en superficies planas. Preferentemente en Formato AutoCAD	No disponible

		Proyectos ejecutivos anteriores	Se pueden obtener datos adicionales de planos y mediciones	No disponible
		Planos de lotificación y predios	Preferentemente en formato AutoCAD	No disponible
		Croquis de detalle de fontanería	De rebombes, tren de descarga pozos, tanques de regulación; con simbología oficial CONAGUA	No disponible
		Estadísticas de ocurrencia históricas de fugas	Fugas registradas en un año histórico, ocurridas en tomas domiciliarias, tuberías, red y válvulas; reportadas y reparadas mensualmente, tipos de falla y tiempos de reparación.	No disponible
		Ocurrencia históricas de azolvamiento	Líneas de drenaje con mayo recurrencia de azolvamiento, mantenimiento e inundaciones	No disponible
<b>Comercial</b>	Facturación	Consumos de agua por tipo de usuario	Volúmenes mensuales históricos de un año, por tipo de usuario, por colonia, o rutas de colonias, para cuota fija y servicio medido	No disponible
		Volumen de agua facturado		No disponible
		Importe de agua facturado		No disponible
		Importe de agua recaudado		No disponible
		Políticas de facturación y cobro	Usuarios exentos de pago, usos públicos, escuelas, hoteles y usuarios con cuota fija, usos irregulares y clandestinos.	No disponible
	Estadísticas de Mantenimiento	Características de micro medidores	Tipos y modelos de aparatos, coberturas geográficas, errores históricos, de exactitud, ocurrencia y tiempo de sustitución	Sin micro medidores instalados
		Micro medidores instalados funcionando		No disponible

<b>Operativa (energética)</b>	Facturación de energía eléctrica	Datos generales del suministro eléctrico	Nombre de la compañía eléctrica que proporciona el servicio, tensión, tarifa, tarifa por equipo de bombeo, historial mensual de facturación en un año, (demanda máxima, consumo en Kilowatts hora, factor de potencia) horarios de operación	No disponible
	Planos, inventario de equipos	Infraestructura mecánico - hidráulica	Bombas (Identificación, marca, tipo, modelo, material de carcasa, eficiencia de diseño); succión, (histórico de los niveles dinámico y estático del acuífero), características del tren de descarga, características de operación, condiciones de succión y descarga; destino de fluido bombeado y operación.	No disponible
	Mantenimiento	Bitácoras de mantenimiento. Programas Institucionales	Registro histórico y reciente de actividades, reparación a motores a bombas, registro de monitoreo de variables	No disponible
<b>Institucional</b>	Informes ejecutivos	Indicadores de gestión	Indicadores de eficiencia física	No disponible
		Planes maestros y de factibilidad	Programas proyectados, inversiones en el corto y largo plazo, proyectos de eficiencia en desarrollo, metas anualizadas.	No disponible
		Organigrama de la institución	Describir funciones, personal e interrelación con otras áreas	No disponible
		Programas interinstitucionales	Programas de eficiencia que se están con recursos aportados por CONAGUA, entidades estatales y municipales	No disponible

<b>Calidad del agua</b>	Informes y archivos	Resultados de muestreos de calidad del agua		No disponible
		Información del 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.	No disponible

---

## ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

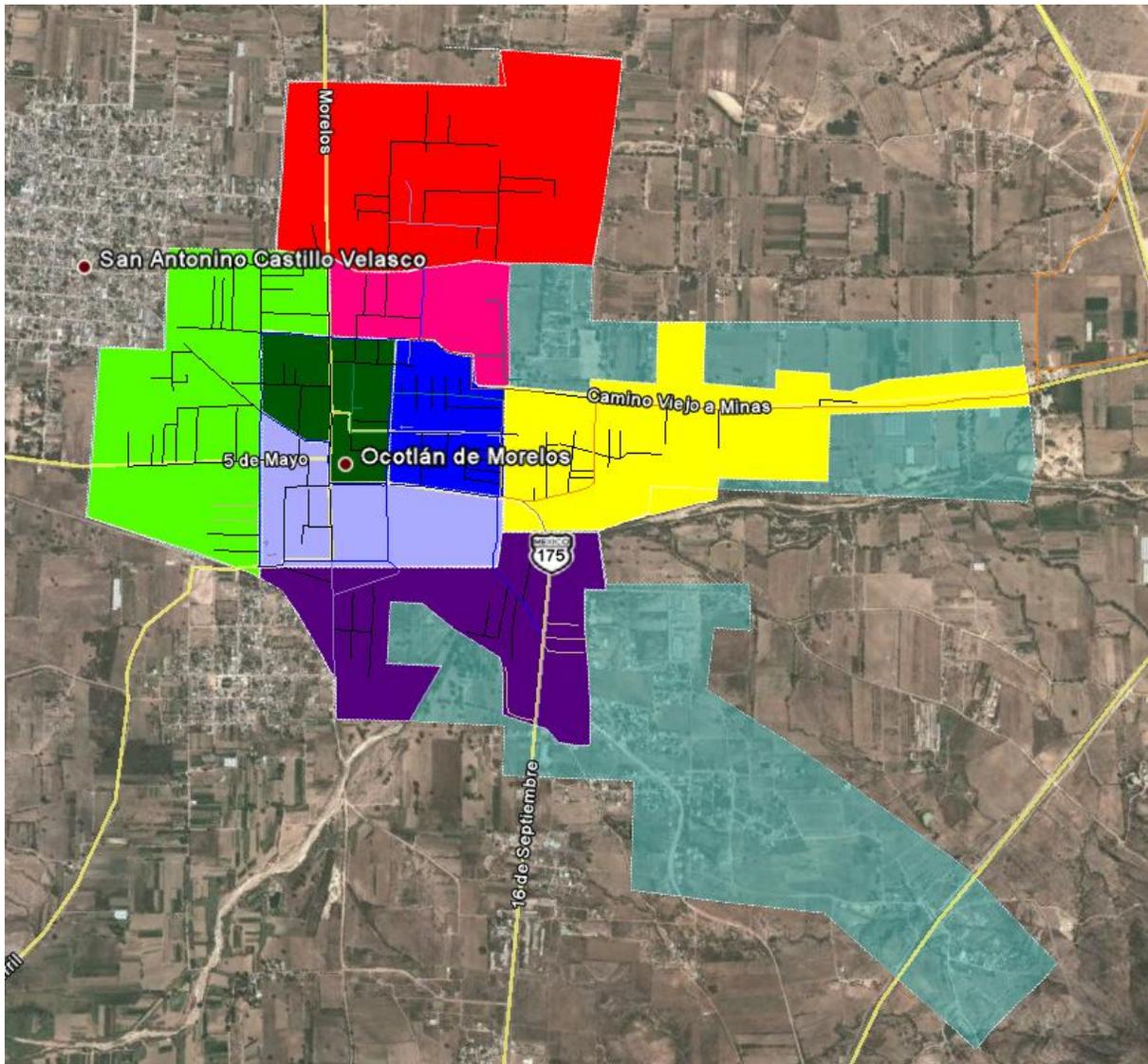
### COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

Debido a la falta de información disponible en las oficinas del municipio la cobertura de agua potable se calculó con un análisis de áreas con servicio, la Tabla 6 muestra las características de área de las zonas con servicio y los habitantes en dichas zonas.

**Tabla 6. Zonas con servicio de agua potable**

Zona	Área			Población habitantes
	km <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	%	
<b>Total</b>	545.5	5,455,248	1.00	21,341
<b>1 Roja</b>	82.5	824,752	0.15	3,226
<b>2 Verde claro</b>	63.3	633,310	0.12	2,478
<b>3 Rosa</b>	19.7	197,072	0.04	771
<b>4 Verde Oscuro</b>	20.6	206,402	0.04	807
<b>5 Azul</b>	19.6	196,154	0.04	767
<b>6 Lila</b>	29.6	296,241	0.05	1,159
<b>7 Morado</b>	50.4	504,203	0.09	1,972
<b>8 Amarillo</b>	64.5	644,867	0.12	2,523
<b>Área sin cobertura</b>	195.22	1,952,247	0.36	7,637

Las zonas en la lista se encuentran ilustradas en la Figura 10, con la que fue posible calcular el área de las zonas que realmente tienen cobertura verificadas durante las visitas de campo realizadas al municipio.



**Figura 10. Zonas con servicio de agua potable. Las zonas en color azul claro son aquellas que carecen del servicio**

Con esta metodología se calculó que la cobertura de los servicios de agua potable es del 64%. Se han identificado cinco colonias localizadas dentro de la cabecera municipal que carecen del servicio; Unión y Progreso 1ª y 2ª etapa, La Chilahua, La Tortolita y Loma Grande.

## Captaciones

La cabecera municipal de Ocotlán de Morelos cuenta para el abastecimiento de agua potable con cuatro pozos que cubren la mayor parte del agua entregada a la población.

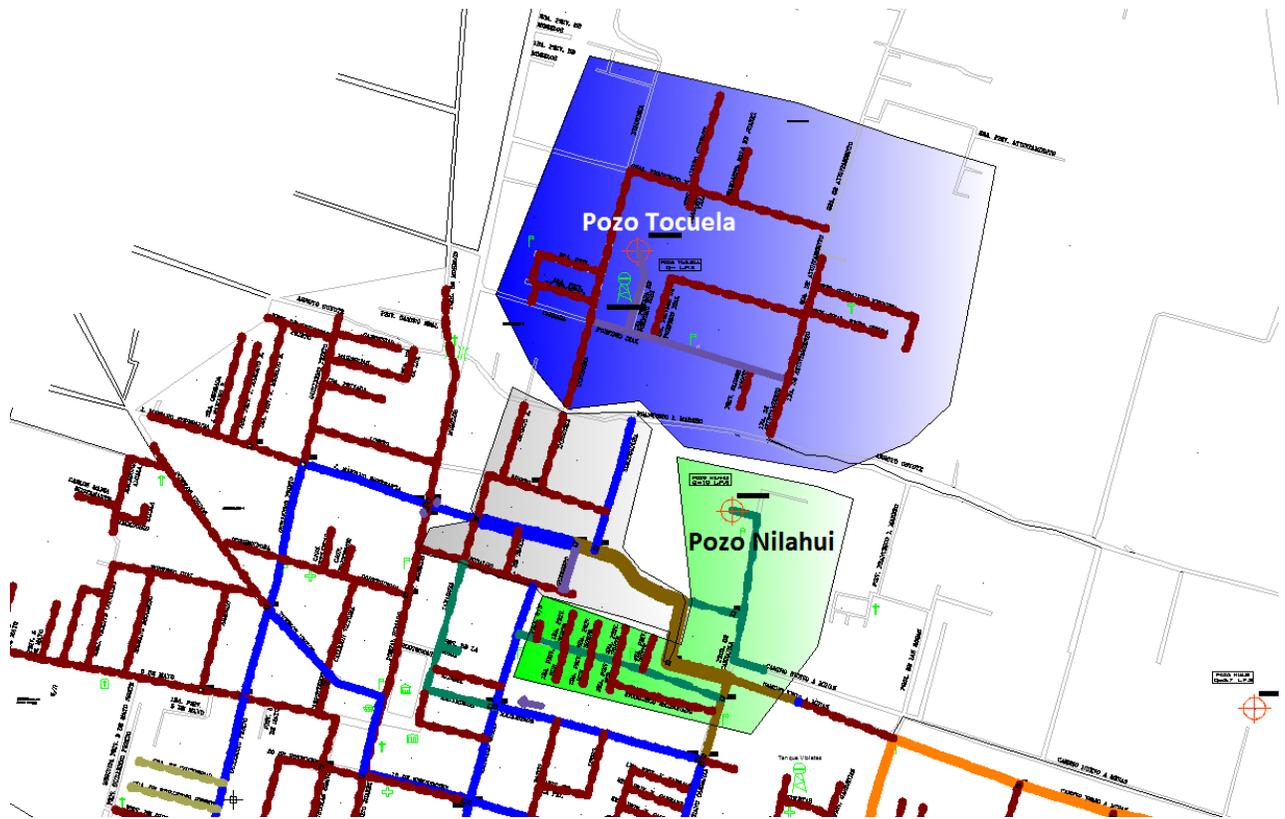
Pozo 1	• Pozo tipo noria. Actualmente en operación
Pozo 2	• Pozo tipo noria. Fuera de operación por deficiencia del pozo
Pozo 3	• Pozo tipo noria. Actualmente en operación
Pozo Olegario	• Pozo profundo. Actualmente en operación

Figura 11. Estado y tipo de pozos

Dentro de la cabecera existen dos zonas que se encuentran hidráulicamente aisladas, Figura 13, y se abastecen cada una de un pozo ubicado dentro de ellas, los pozos Nilahui y Tocuela que operan tratando de abastecer las necesidades de la zona, pero no alcanzan un gasto de equilibrio, el cual se define como la cantidad de agua que es posible extraer de un pozo manteniendo constante la profundidad medida al espejo de agua.

Pozo Nilahui	• Opera poco tiempo, abastece dos calles de la cabecera municipal
Pozo Tocuela	• Opera en periodos de 30 minutos y recesos de 1.5 horas, abastece una colonia de la cabecera municipal

Figura 12. Pozos en zonas aisladas



**Figura 13. Croquis de localización de zonas aisladas**

Los pozos que abastecen las zonas aisladas se encuentran en malas condiciones, lo que propicia que el gasto de extracción sea mínimo. Además, sólo abastecen algunas colonias que complementan su consumo mediante tanques cisterna.

*Información técnica*

Las principales características de los pozos y equipos electromecánicos fueron recopiladas durante las visitas de campo, no fue posible leer las placas de identificación de los equipos de bombeo para recopilar mayor información de los mismos y la profundidad del nivel dinámico se obtuvo con una sonda de profundidad. Tabla 7

**Tabla 7. Características de pozos principales**

Pozo	Potencia de motor	Gasto medio	Alimentación	Carga de bombeo	Eficiencia $\eta$
	hp	l/s	V	mca*	%
<b>Olegario</b>	10	10.9	240	30	47
<b>Pozo 1</b>	7.5	3.6	240	52	43
<b>Pozo 3</b>	7.5	2.5	240	51	32
	<b>TOTAL</b>	<b>17.04</b>			

\*mma. Metros de columna de agua.

**Tabla 8. Localización de fuentes de abastecimiento**

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

### *Políticas de operación*

En la tabla 9 se muestra la operación de los tres principales pozos en la cabecera municipal, la operación de los otros dos pozos está limitada por la capacidad de los mismos.

La extracción diaria sobrepasa el volumen concesionado a disposición de la cabecera municipal en 160%, lo que quiere decir que se extrae 2.6 veces el volumen pagado, sin embargo, la concesión es insuficiente para abastecer el 20% del volumen necesario para la localidad.

**Tabla 9. Operación de principales pozos**

Pozo	Gasto máximo	Horas de operación	Extracción diaria
	l/s	hrs/día	m <sup>3</sup> /día
<b>Pozo 1</b>	4.8	18	311
<b>Pozo 3</b>	3.4	18	220
<b>Olegario</b>	10.9	24	942
		<b>Total</b>	<b>1473</b>

### *Cobertura de macro medición*

Aunque el municipio cuenta con siete pozos registrados para el suministro de agua potable, solamente en los trenes de descarga de los pozos 1 y 3 se cuenta con macro medidores de tipo hélice instalados, con error de macro medición de + 23 % y + 19% respectivamente, esto significa que existe una sobre medición de la extracción que se realiza en estas fuentes. Con base en lo anterior, la cobertura de macro medición es del 40 %.

### *Líneas de conducción*

Las líneas de conducción carecen de mantenimiento, lo que propicia la constante aparición de fugas. La falta de recursos económicos disponibles para el mantenimiento de los sistemas dificulta las reparaciones, propiciando arreglos temporales que terminan fallando como los mostrados en la Figura 14.



**Figura 14. Fuga en línea de conducción**

*Tanques de regularización*

Actualmente existen cuatro estructuras destinadas al almacenamiento y regulación de agua potable. De ellas, solamente operan dos; el tanque superficial (tanque 1 en la Tabla 10) y el tanque que abastece a la colonia Tocuela (tanque 2 en la Tabla 10). Los otros dos tanques están actualmente en desuso.

**Tabla 10. Localización de estructuras de almacenamiento**

Tanque	Descripción	Coordenadas					
		Latitud N			Longitud W		
		º	“	’	º	“	’
<b>Tanque 1</b>	Tanque superficial 1	16	47	51	96	38	41
<b>Tanque 2</b>	Tocuela	16	47	19	96	39	51
<b>Tanque 3</b>	Violetas	16	47	25	96	40	4
<b>Tanque 4</b>	2DA Privada Porfirio Díaz	16	47	56	96	40	14

El tanque superficial está diseñado para recibir 1,200 m<sup>3</sup> de los pozos 1, 2, 3 y Olegario sin embargo por las condiciones de operación actual solamente recibe el agua de los pozos 1 y 3, el pozo 2 se encuentra fuera de operación y el pozo Olegario inyecta directamente a la red.

El tanque elevado de Tocuela se utiliza una vez por semana, se llena con el pozo que lleva su mismo nombre y solamente abastece a una colonia dentro de la cabecera municipal.

Adicionalmente, existen dos tanques de regulación fuera de operación, uno de ellos debido a problemáticas con la tenencia del suelo por donde pasan las líneas de conducción que lo llenaban y otro con deficiencias en la seguridad de las instalaciones que no aseguraban la limpieza de las estructuras y, por lo tanto, la calidad del agua que se entregaba con el mismo no era la adecuada.

**Tabla 11. Características de estructuras de almacenamiento**

Tanque	Tipo	Capacidad	Material	Edad	Estado actual
		m <sup>3</sup>		años	
<b>Tanque 1</b>	Superficial	1,200	Concreto	20	En uso
<b>2DA privada de Porfirio Díaz</b>	Elevado	40	Concreto	ND	Fuera de uso
<b>Violetas</b>	Superficial	30	Concreto	48	Fuera de uso
<b>Tanque 4</b>	Elevado	25	Concreto	20	En uso



**Figura 15. Tanque fuera de uso ubicado en 2DA cerrada de Porfirio Díaz**

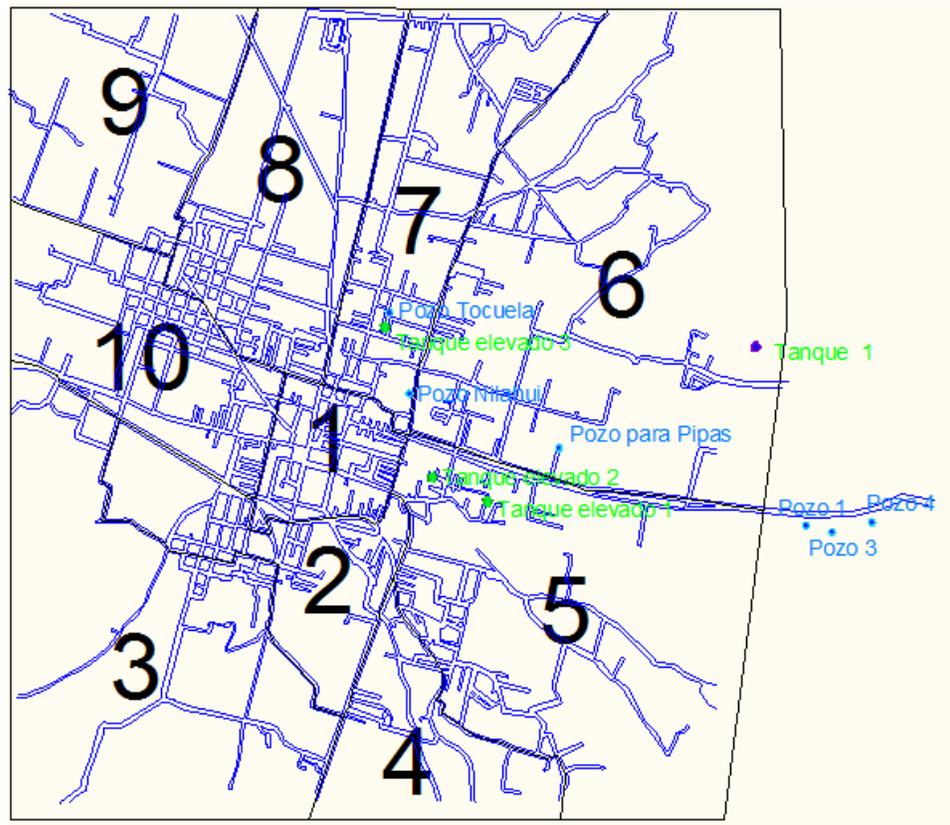


**Figura 16. Tanque fuera de operación ubicado en calle Violetas**

### *Red de distribución y balance hidráulico*

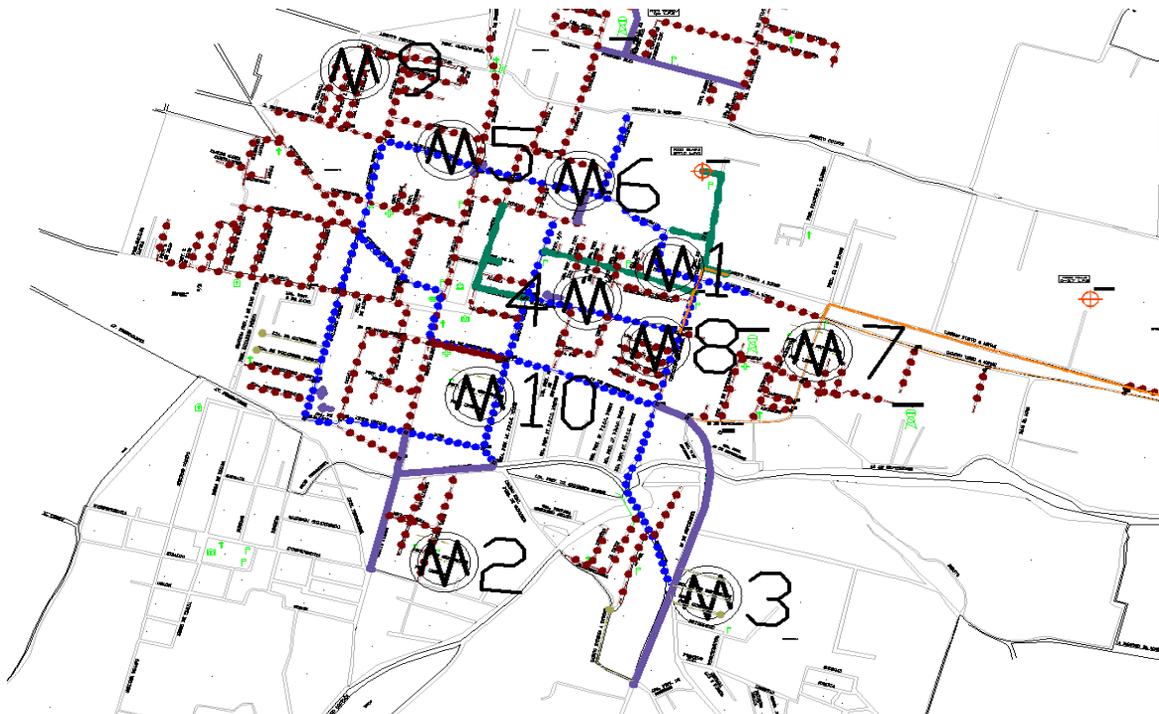
La cabecera municipal se divide en 10 zonas de servicio, para el abasto de agua potable. Debido a la falta de líneas principales, no es posible aislar totalmente cada zona de servicio, lo que provoca una inequitativa distribución de agua.

Cada zona recibe servicio aproximadamente 8 horas cada 10 días, en ocasiones este tiempo se extiende hasta 20 días, debido a fallas en el sistema.



**Figura 17. Zonas de servicio de la cabecera de Ocotlán de Morelos**

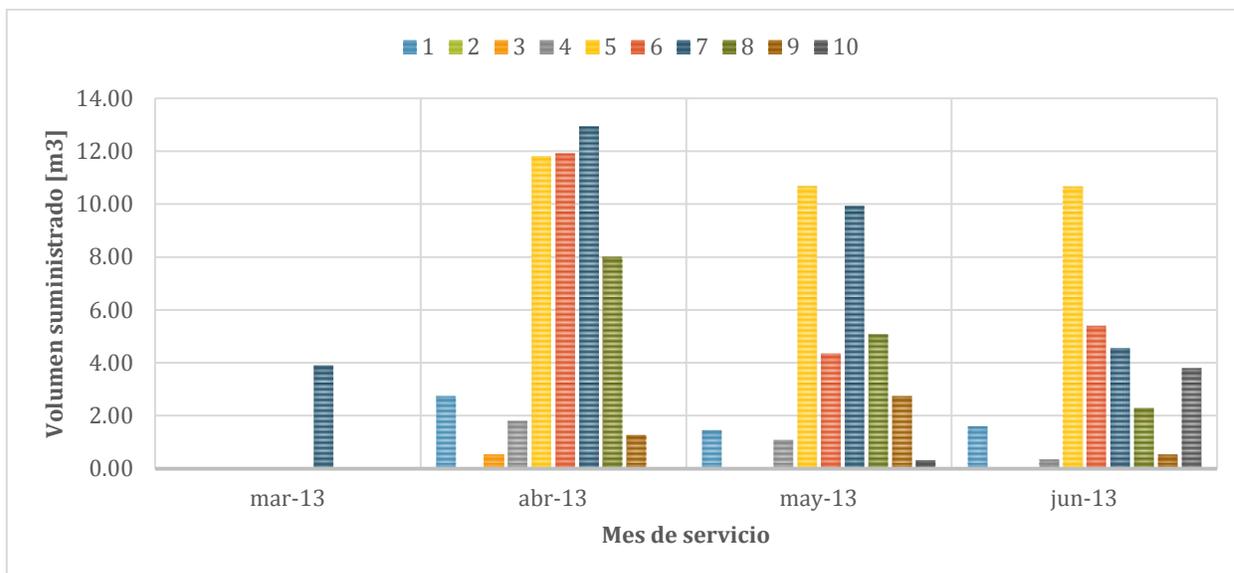
Con el objetivo de monitorear la red de distribución durante su operación normal, se realizó la instalación de equipos de micro medición equipados con memoria interna, que permite conocer la distribución temporal de la recepción del servicio.



**Figura 18. Localización de micro medidores instalados**

En las mediciones registradas durante cuatro meses en los equipos instalados se resalta el valor de la dotación media calculada para las casas que recibieron el servicio, dicho dato no es mayor a 60 l/hab/día en ningún caso, lo que provoca que las personas del municipio completen sus dotaciones con agua comprada que se les entrega en pipas.

Gracias a la recolección de la información y análisis en gabinete es posible confirmar la teoría de que existe una distribución no equitativa del recurso hídrico. En la Figura 19, que muestra el volumen total entregado por mes de servicio en cada una de las casas, es notorio que cuatro casas de las diez que se encuentran en monitoreo reciben una mayor cantidad de agua, la posible causa es su cercanía a las líneas que el encargado de la distribución utiliza como principales.

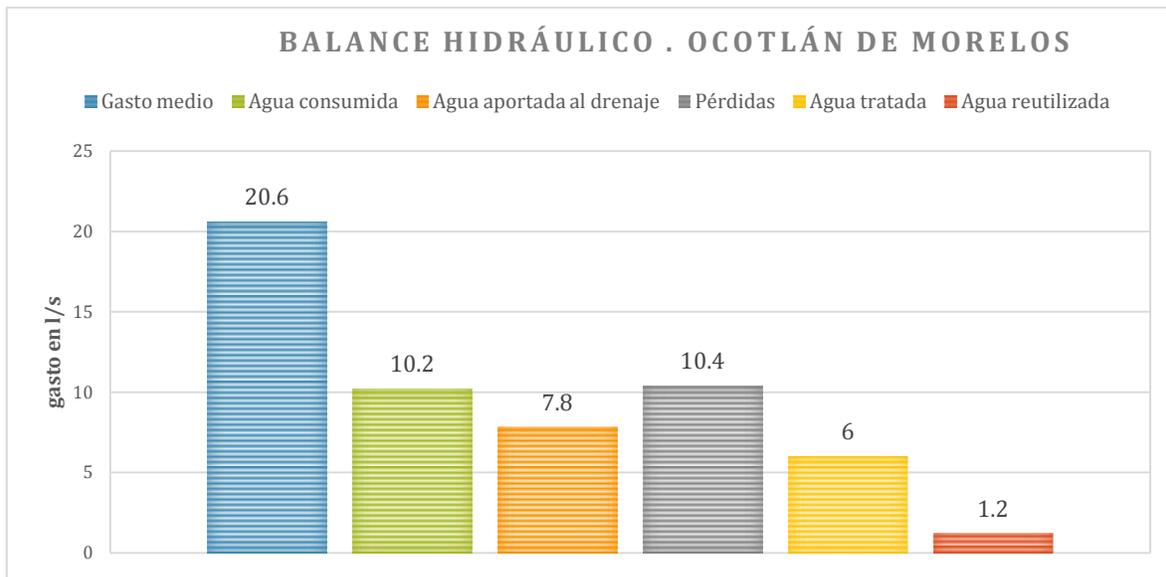


**Figura 19** Volúmenes suministrados por mes de servicio

El balance general del sistema de la cabecera municipal, mostrado en la Tabla 12, refleja un 49% de pérdidas en la red de distribución, considerando que la conducción en tanques cisterna no presenta fugas y que el agua perdida en la red de distribución no regresa al drenaje. Solamente 6.0 l/s de los 7.8 l/s medidos en el drenaje reciben tratamiento y 1.2 l/s son reutilizados en servicios municipales, el resto del agua tratada (4.8 l/s) se vierte al río Atoyac.

**Tabla 12. Balance hidráulico**

Sistema de entrega	Q medio	Consumo	Drenaje	Pérdidas
	l/s	l/s	l/s	l/s
<b>Red de distribución</b>	17.0	6.5	4.9	9.7
<b>Pipas</b>	3.6	3.6	2.9	0.0
<b>Total</b>	<b>20.6</b>	<b>10.2</b>	<b>7.8</b>	<b>9.7</b>



**Figura 20. Balance general de la cabecera del municipio Ocotlán de Morelos**

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

La eficiencia física es el resultado de la operación:

$$\eta_{física} = \frac{Vol_{consumido}}{Vol_{suministrado}} * 100$$

Donde el resultado expresado en porcentaje refleja la capacidad del organismo operador de llevar agua desde las fuentes de abastecimiento hasta los usuarios.

Para el caso de Ocotlán de Morelos el valor de la eficiencia física es del 51%, lo que indica que del total de agua producida, el organismo entrega solamente la mitad directamente en las tomas de los usuarios.

*COBERTURA DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO*

La cobertura del drenaje sanitario es del 60%, en las zonas sin cobertura se utilizan fosas sépticas y letrinas secas. Se desconoce el estado actual del funcionamiento de la red de drenaje sanitario y pluvial, además el municipio no cuenta con equipo para brindar el mantenimiento a las estructuras en la red de alcantarillado.

Se sabe que el colector principal se encuentra en la calle 5 de Mayo desde el palacio municipal hasta la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR).

## *COBERTURA 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) que actualmente se encuentra en comodato con la Compañía Minera Cuzcatlán.

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

Una parte del volumen tratado en la PTAR es destinado al reúso en la actividad minera de la Compañía Minera Cuzcatlán 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 7.8 l/s; después de ser tratados, un 20% se envía al municipio para su reúso y el 80% restante es vertido al río.

---

## FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES PARA LA MEDICIÓN Y MONITOREO DE CONSUMOS

Una de las formas más efectivas de medir los resultados logrados con la instrumentación de acciones de uso eficiente del agua, es medir el suministro de agua después de iniciados los trabajos. Lo ideal es contar con medición en forma continua, aunque no siempre esto es posible.

La Tabla 13 muestra las principales ventajas y desventajas de los sistemas de lectura más comunes en el mercado. La selección del sistema de lectura deberá tomar en cuenta la inversión inicial; pero, sobre todo, la facilidad de disponer y analizar información de suministro de agua en tiempo, forma y calidad.

Un sistema de medición integra a la macro y micro medición, la primera se refiere a la medición del agua que se extrae y distribuye en la red de distribución, la segunda, por el contrario, mide el consumo de agua por parte de los usuarios. En cada caso los medidores a instalar se conocen como macro medidores y micro medidores, respectivamente. En algunos casos, y con el propósito de contar con mayor información acerca del comportamiento de la demanda y obtener patrones de consumo, los equipos de medición disponen de memoria de almacenamiento de datos y transmisión para el caso de sistemas de lectura automática.

Tener un programa de medición en un sistema de agua potable, tanto en las fuentes de abastecimiento, como en la tomas domiciliarias, nos dará una mejor percepción del funcionamiento del sistema de agua potable y, al mismo tiempo, permitirá tomar acciones y decisiones razonables desde el punto de vista operacional y económico para el sistema, convirtiéndose la medición en el punto clave para evaluar permanentemente las condiciones hidráulicas reales de funcionamiento de los sistemas de agua potable.

Asimismo, permitirá determinar los caudales de los sistemas de abastecimiento en puntos estratégicos y su análisis, en pozos, tanques, principalmente orientados hacia una planificación de estos elementos hacia el corto, mediano y largo plazo.

Permitirá hacer un análisis para la detección de pérdidas físicas en los distintos elementos que integran el sistema de agua potable y la determinación de balances hidráulicos que hagan posible visualizar de una manera más clara y objetiva la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable.

Todas estas características que se mencionan son ventajas de la medición en los sistemas de agua potable que permiten que se tenga un servicio mejor, ya que permite incrementar la eficiencia física del sistema, ahorro de recursos, tener un control de la demanda de agua, evitando desperdiciarla y genera recursos para el mantenimiento de la infraestructura instalada, para mejorar el servicio.

Tabla 13. Ventajas y desventajas de los principales sistemas de lectura

Sistema de lectura.	Inversión Inicial	Ventajas	Desventajas
<b>Sistema de toque</b>	Moderada	<p>Reducción de tiempos para la toma de lecturas.</p> <p>La transmisión de datos se efectúa mediante un solo toque del bastón con el receptáculo.</p>	<p>Requiere de un lectorista.</p> <p>Requiere la asistencia del lectorista al lugar de las mediciones.</p>
<b>Sistema de telefonía alámbrica</b>	Moderada	<p>Es un sistema que no requiere de lectoristas.</p> <p>En una sola llamada se envían los datos, número de serie del medidor, volumen, estado del sistema.</p>	<p>Requiere el uso de una línea telefónica alámbrica.</p> <p>El envío de datos sólo es posible en horas de baja demanda del uso de la línea telefónica</p>
<b>Sistema por radio frecuencia</b>	Alta	<p>Permite la detección de fugas con las alarmas que emite.</p> <p>No requiere lectoristas.</p> <p>El sistema emite alarmas como: fuga, daño a equipos, equipo sin medición.</p> <p>Procesa, almacena y analiza información de forma automática</p>	<p>Requiere una mayor complejidad en cuanto a equipo, instalación y mantenimiento.</p> <p>Requiere supervisión periódica de los equipos para asegurar su correcto funcionamiento.</p>
<b>Sistema de lectura local</b>	Baja	Es un sistema económico	<p>Requiere de un lectorista que tome con frecuencia las lecturas</p> <p>El sistema no permite detectar fugas.</p> <p>Existen errores en la medición por parte del lectorista</p>

---

## MACRO MEDICIÓN

Para la Macro medición se sugieren los siguientes equipos:

- Instalación de macro medidores de tipo electromagnético en tren de descarga de las fuentes de abastecimiento, de 150 mm de diámetro, con transmisor remoto, data logger incluido y protección IP68
- Instalación de macro medidores a la salida de los tanques de regulación de 150 mm de diámetro, con radio transmisor remoto, data logger incluido y protección IP68.

---

## MICRO MEDICIÓN

Para la micro medición se recomiendan los siguientes equipos:

- Instalación de 1600 micro medidores de 13 mm en tomas domiciliarias. Se sugiere colocar medidores de tipo volumétrico con data logger incluido y grado de protección IP68

**Tabla 14. Resumen de las cantidades de medidores a sustituir en el municipio de Ocotlán de Morelos**

<b>Municipio</b>	<b>Tipo de medidor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Diámetro</b>
<b>Ocotlán de Morelos</b>	Macro medidores	5	150 mm
	Micro medidores	1600	13 mm

---

## PROPUESTA DE ACCIONES DE PROTECCIÓN Y RESGUARDO DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Se revisó la infraestructura hidráulica existente en los municipios atendidos y se realizó una visita de campo para poder realizar las recomendaciones para la protección y el resguardo de las fuentes de abastecimiento y obras de regulación.

Ejecución de un programa de rehabilitación, conservación y protección a elementos del sistema de abastecimiento de agua: fuentes de abastecimiento y tanques de regularización.

### Acciones

- Cercar el área de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación en la zona inmediata.
- Evitar disponer basura y contaminantes en el sitio de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación.
- Evitar encharcamientos cerca de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación.
- No permitir el aseo personal, ni el lavado de utensilios, ropa, ni animales debido a que pueden ser una fuente de contaminación de esta infraestructura.
- Realizar limpieza y recolección de basura en el lugar donde se encuentran las fuentes de abastecimiento y tanques de regulación.
- Rehabilitar el ademe de las fuentes de abastecimiento.
- Pintar la tubería del tren de descarga y las salidas de los tanques de regulación.

---

## ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE SUSTITUCIÓN, REHABILITACIÓN, Y/O AMPLIACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y DRENAJE, REHABILITACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE TANQUES DE REGULACIÓN Y LÍNEAS DE CONDUCCIÓN CONSIDERANDO EN TODOS LOS CASOS SECTORIZACIÓN Y CONTROL DE PRESIONES

Evidentemente, el nivel de vida que caracteriza a una población está estrechamente ligado al agua. Las condiciones de presión y calidad del suministro varían en el espacio y en el tiempo.

Factores como el desarrollo industrial y el crecimiento poblacional influyen la dinámica de crecimiento de la red de abastecimiento de una población. Las consecuencias de estas fluctuaciones deben poder predecirse con la finalidad de instaurar soluciones técnicas necesarias a tiempo Y, de esta manera, contar con una demanda satisfecha.

La idea de hacer llegar el producto a cada toma bajo lineamientos mínimos de presión y calidad obliga a analizar todas y cada una de las posibles contingencias que puedan presentarse.

En concordancia con lo anterior y teniendo en cuenta los objetivos del PADHPOT, a continuación se exponen los resultados de la elaboración del estudio de sustitución, rehabilitación y/o ampliación de redes de la red agua potable y drenaje, rehabilitación y/o construcción de tanques de regulación y líneas de conducción, considerando criterios de sectorización y control de presiones. Los cuales están basados en la modelación hidráulica del sistema de agua potable y en los recorridos de campo realizados.

Los resultados de este estudio, han permitido establecer las acciones que pueden llevarse a cabo en la red de agua potable, con el propósito de incrementar la cobertura del servicio y promover el uso eficiente del recurso.

---

### ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

La simulación hidráulica se efectuó con el software informático EPANET, el cual es un software informático de la USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), organización creada en 1970 en EE.UU. y encargada de velar por los recursos naturales a nivel mundial.

Este programa de dominio público permite calcular complejas redes de abastecimiento desde un punto de vista hidráulico y de calidad, ofreciendo una rápida capacidad de reacción así como una previsión del comportamiento del sistema de ayuda en la toma de decisiones.

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión.

Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones entre tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos y los niveles en los depósitos.

### *METODOLOGÍA*

Para la realización del presente estudio se recurrió a visitas de campo para recopilar y validar información para la elaboración de un modelo de simulación hidráulica que reflejara el comportamiento actual del sistema y con base en sus resultados, proponer mejoras que hagan posible que el agua llegue a las zonas más alejadas y altas del municipio.

## *LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA*

Para la realización de un modelo hidráulico se partió de un plano de la red de agua actualizado, dicho plano no existía, por lo que parte de los trabajos en este municipio consistieron en hacer un levantamiento de la red de agua que abastece al centro de la cabecera municipal, de tal manera que pudiera generarse un plano actualizado, georeferenciado y escalado, ver Figura 21



**Figura 21. Trabajos de levantamiento de la red de distribución de agua potable Ocotlán de Morelos**

Como resultado de los trabajos de campo y de análisis fue posible disponer de la siguiente información, ver Tabla 15:

**Tabla 15. Información recopilada producto de los trabajos de campo realizados en el municipio de Ocotlán de Morelos**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>INFORMACIÓN RECOPIADA PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO DE LA RED (EPANET)</b>
<b>NODOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevación mediante el uso de un GPS</li> <li>• Estimación de la demanda y fugas en el sistema (Balance Hidráulico)</li> <li>• Ubicación geográfica de los distintos elementos: pozos, tanques, cruceros, etc.</li> <li>• Padrón de usuarios actualizado del municipio con el cual fue posible estimar la demanda</li> </ul>
<b>TUBERÍAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro</li> <li>• Longitud</li> <li>• Rugosidad</li> <li>• Trayectoria</li> </ul>
<b>VÁLVULAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de función</li> <li>• Estado: abierta o cerrada</li> </ul>
<b>TANQUES DE REGULACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de regulación</li> <li>• Niveles de agua: mínimo, máximo y nivel de operación</li> <li>• Elevación solera</li> <li>• Ubicación geográfica</li> </ul>
<b>BOMBAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de curva característica utilizando el software EPANET</li> <li>• Potencia, gasto, alimentación eléctrica, eficiencia, factor de potencia</li> <li>• Estimación de carga de bombeo</li> <li>• Ubicación geográfica</li> </ul>

Para la estimación de la dotación por parte de los usuarios, el equipo de trabajo colocó diez equipos de medición – volumétricos con almacenamiento y transmisión de datos por radiofrecuencia – con los cuales fue posible estimar de forma preliminar que cada persona consume 60 litros/habitante/día en el centro de la cabecera.

La demanda de agua se calculó a partir de la dotación estimada y con base en el padrón de usuarios disponible, el cual consta de 21,341 habitantes<sup>1</sup>. El balance hidráulico elaborado sirvió de base para la alimentación del modelo ya que mostró el caudal que debía ingresarse a los nodos de consumo y el caudal que, se estima, se pierde en fugas en la red. Debido a que el servicio no es continuo y, al poco tiempo con registros de medición de consumos, aún no ha sido posible la generación de una curva de demanda que sirva de base para una modelación dinámica, el modelo generado es una modelación estática.

### *RECOPIACIÓN Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN*

Toda la información recopilada y medida fue validada con personal de operación del Ayuntamiento, en los anexos de este informe se encuentra contenida en tablas y en forma resumida toda la información mencionada y que sirvió de base para la elaboración de este análisis.



**Figura 22. Proceso de validación de la información con personal del H. Ayuntamiento Ocotlán de Morelos**

---

<sup>1</sup> Información extraída del Plan de Desarrollo de Ocotlán de Morelos, Oaxaca 2011-2013



Figura 23. Plano actualizado, referenciado y escalado del municipio de Ocotlán de Morelos, Oaxaca

*EVALUACIÓN DE REHABILITACIÓN Y/O SUSTITUCIÓN DE LA ACTUAL RED DE AGUA POTABLE DE OCOTLÁN DE MORELOS*

Con el objetivo de monitorear la red de distribución durante su operación normal se realizó la instalación de equipos de micro medición equipados con memoria interna que permite conocer la distribución temporal de la recepción del servicio.

Por otra parte la cobertura del drenaje sanitario es del 60%, en las zonas sin cobertura se utilizan fosas sépticas y letrinas secas. Se desconoce el estado actual del funcionamiento de la red de drenaje sanitario y pluvial, además el municipio no cuenta con equipo para brindar el mantenimiento a las estructuras en la red de alcantarillado.

Se sabe que el colector principal se encuentra en la calle 5 de Mayo desde el palacio municipal hasta la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR).

Una vez recopilada la información en Ocotlán de Morelos, se procedió a organizarla para posteriormente ingresarla al modelo:

**Tabla 16. Gasto medio del municipio**

	<b>Q medio</b>	<b>Horas de servicio</b>	<b>Volumen entregado</b>
	<b>l/s</b>	<b>h</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Pozo 1</b>	4.7	18	304.56
<b>Pozo 3</b>	3.4	18	220.32
<b>Pozo 4 Olegario</b>	10.9	24	941.76
		<b>Total</b>	<b>1466.64</b>
		<b>Q medio</b>	<b>17.0</b>

**Tabla 17. Población estimada por zona de servicio**

<b>Población</b>	<b>21341.00</b>	<b>habitantes en cabecera</b>
<b>Zonas de servicio</b>	10.00	
<b>Población por zona</b>	2134.10	habitantes estimados
<b>Dotación sugerida CONAGUA</b>	150.00	l/hab/día
<b>Volumen por zona</b>	320.12	m <sup>3</sup> /día
<b>Volumen por dos zonas</b>	640.23	m <sup>3</sup> /día
<b>Gasto medio demandado</b>	<b>36.46</b>	<b>l/s</b>

**Tabla 18. Características de equipos electromecánicos**

Pozo	Potencia de motor	Gasto medio	Carga de bombeo	Presión a la descarga	$\eta$
	Hp	l/s	mca*	Kg/cm <sup>2</sup>	%
Olegario	10	12.0	30	3.00	47
Pozo 1	7.5	4.7	52	5.17	43
Pozo 3	7.5	3.6	51	5.07	32

\*metros de columna de agua

**Tabla 19. Tanques de regulación**

Punto	Coordenada Geográficas		
	Latitud	Longitud	Altura
Tanque la bomba	N16 47.435	W96 40.083	1532
Al tanque bomba	N16 47.437	W96 40.080	1544
Tanque privado	N16 47.318	W96 39.851	1538
Altura de tanque	N16 47.320	W96 39.850	1558
Tanque elevado	N16 47.845	W96 38.696	1598
Alto tanque elevado	N16 47.835	W96 38.695	1601

Toda la información recopilada y medida fue validada con personal de operación del sistema de agua potable a cargo de la Comisión Estatal de Agua del Estado (CEA) y del H. Ayuntamiento.

## ELABORACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE OCOTLÁN DE MORELOS

En esta etapa se parte de una red sencilla, la cual representa el esquema de abastecimiento de agua potable de población que cuenta con 180000 habitantes, que consume un caudal medio aproximado de 19 l/s y está conformada por 190 nodos y 2466 líneas, cuya distribución se puede observar en la Figura 24. Esquema de la red de abastecimiento de agua Ocotlán de Morelos

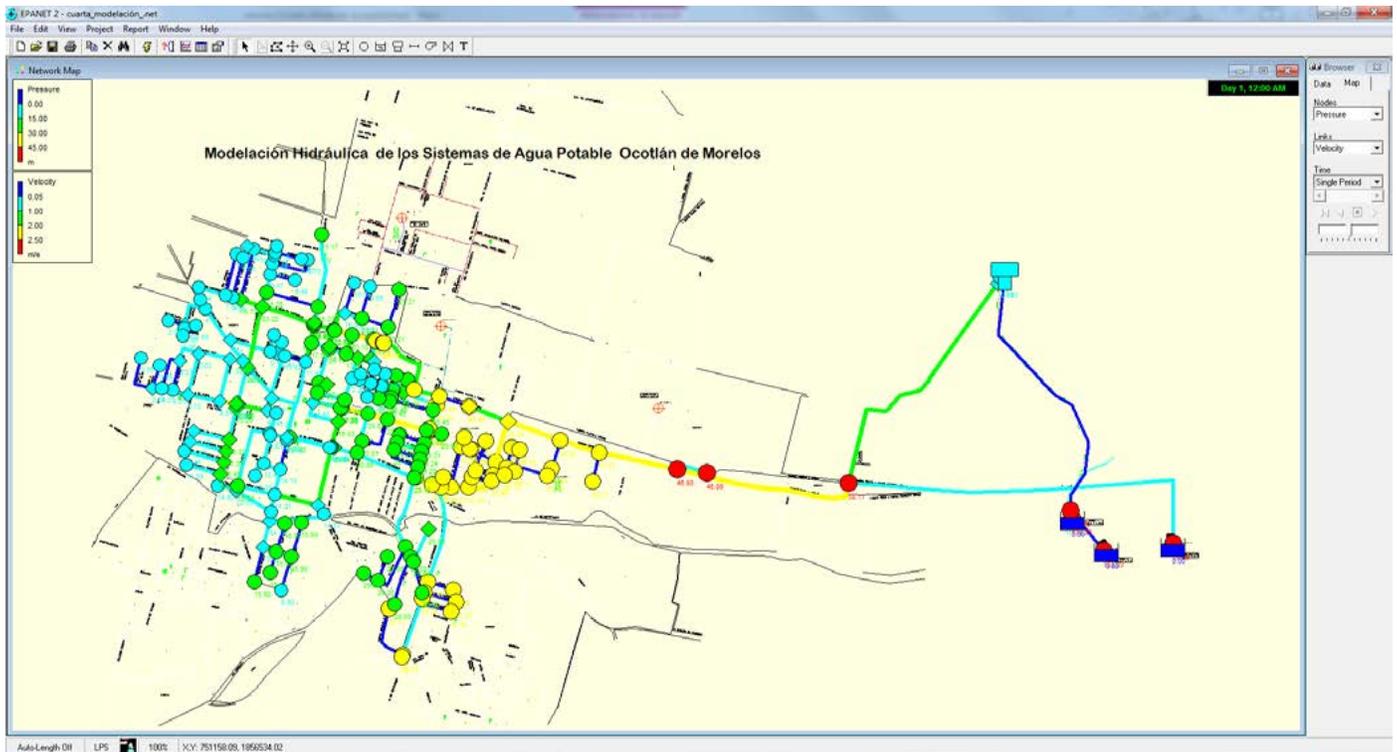


Figura 24. Esquema de la red de abastecimiento de agua Ocotlán de Morelos

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE OCOTLÁN DE MORELOS

A partir de los datos que caracterizan la red que se puede crear el fichero de datos de entrada para que EPANET calcule la red. Por lo que fue necesario que los siguientes datos estuvieran especificados:

Depósito:

- cota a la que está situado (m)

Nudos de consumo:

- cota del nudo (m)
- caudal consumido (l/s)
- caudal fugado (l/s y coeficiente de emisor de 0.5)

Líneas o tuberías:

- nudos inicial y final de la línea
- longitud de la tubería (m)
- diámetro de la tubería (mm)
- rugosidad de la tubería (mm)

En los Anexos de este informe se presenta el fichero de datos de entrada utilizado, en el cual se detallan las características de cada elemento que compone la red. Tras introducir los mencionados datos en el programa y simularlo, se obtuvieron los resultados que se exponen a continuación.

Una vez introducidos los datos y dibujado el esquema de la red en EPANET, se procedió a simular el comportamiento actual de la red bajo un esquema estático, es decir, en un solo periodo del día.

Se introdujeron los datos en el programa y se corrió, asumiendo un coeficiente de emisor de 0.5. Las fugas fueron simuladas y cuantificadas en los nudos como un caudal adicional al consumo. En la ecuación que evalúa el gasto de fuga antes citada, se tomó el valor medio de  $x=0.5$ .

En la Figura 25 se puede observar un mapa de iso presiones para el sistema de agua potable de Ocotlán de Morelos. Como resultado de esta modelación, resulta evidente que en las zonas bajas se presentan presiones menores a los 15 metros de columna de agua.

El comportamiento de las presiones en la zona cercana a los tanques de regulación muestra valores superiores a los 40 metros de columna de agua y comienza a decrecer a partir del centro de la cabecera hacia el acceso principal del municipio al que el líquido no llega o lo hace con demasiada irregularidad.

En cuanto a las velocidades en las tuberías de la red de Ocotlán de Morelos, se obtienen valores que oscilan entre 0.05 a 2.5 m/s teniéndose valores bajos en las líneas de conducción del pozo al tanque de regulación y menores a los 0.1 m/s en los puntos más alejados del tanque de regulación, lo cual pone en evidencia que estas son las zonas del municipio que disponen de un servicio de agua con mayor irregularidad, ver Figura 26.

Lo anteriores valores obtenidos de la modelación podrían ser ajustados para aquellos puntos de presión que se encuentren por debajo de 0.3 m/s., para que sea acorde a lo recomendado por CONAGUA, que indica que para tuberías de PVC se deben considerar una velocidad máximo de 5 m/s y mínima de 0.3 m/s<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Tabla 2.4. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías - Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CONAGUA

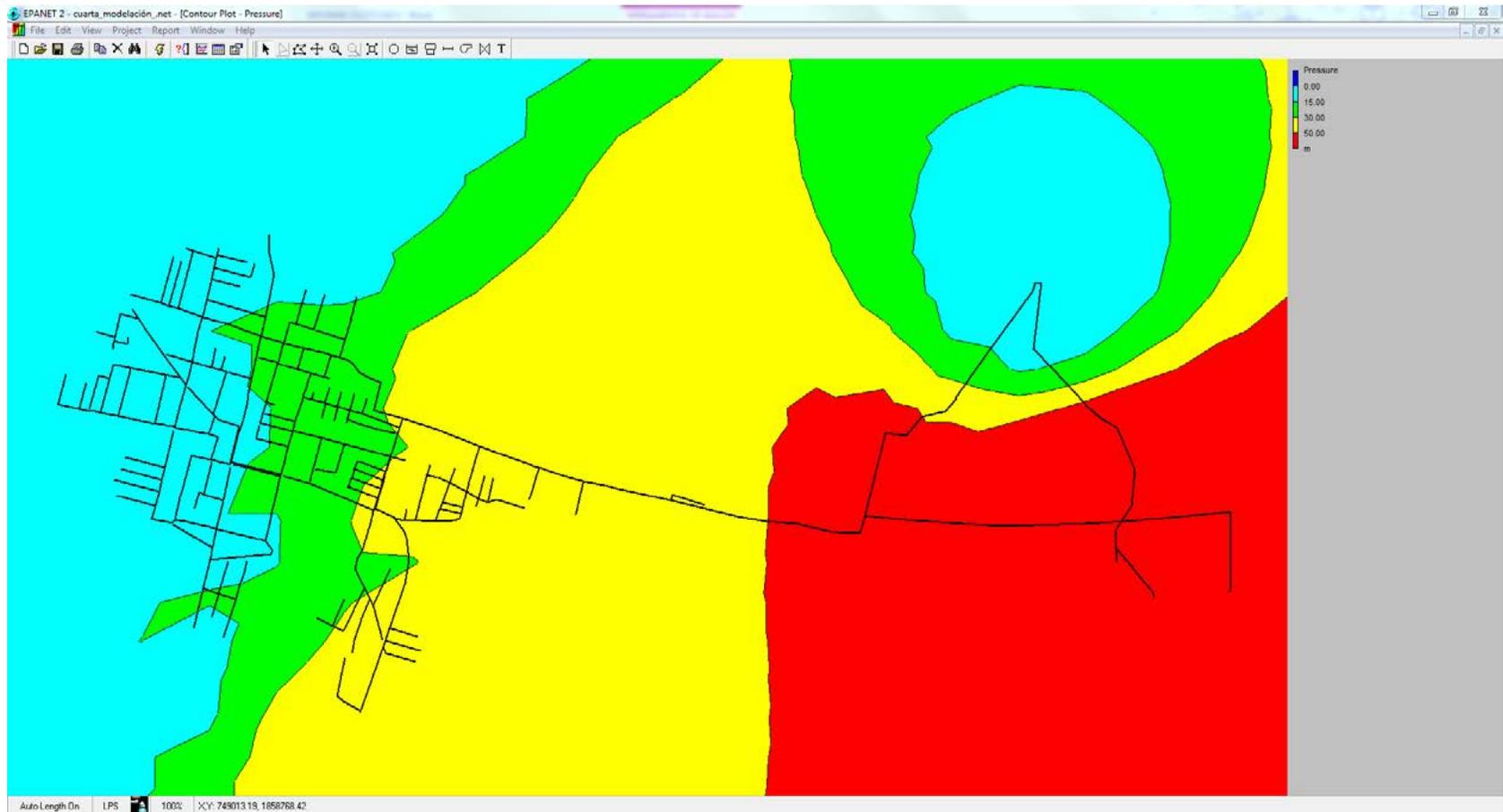


Figura 25. Mapa de iso presiones en el sistema de agua potable de Ocotlán de Morelos.

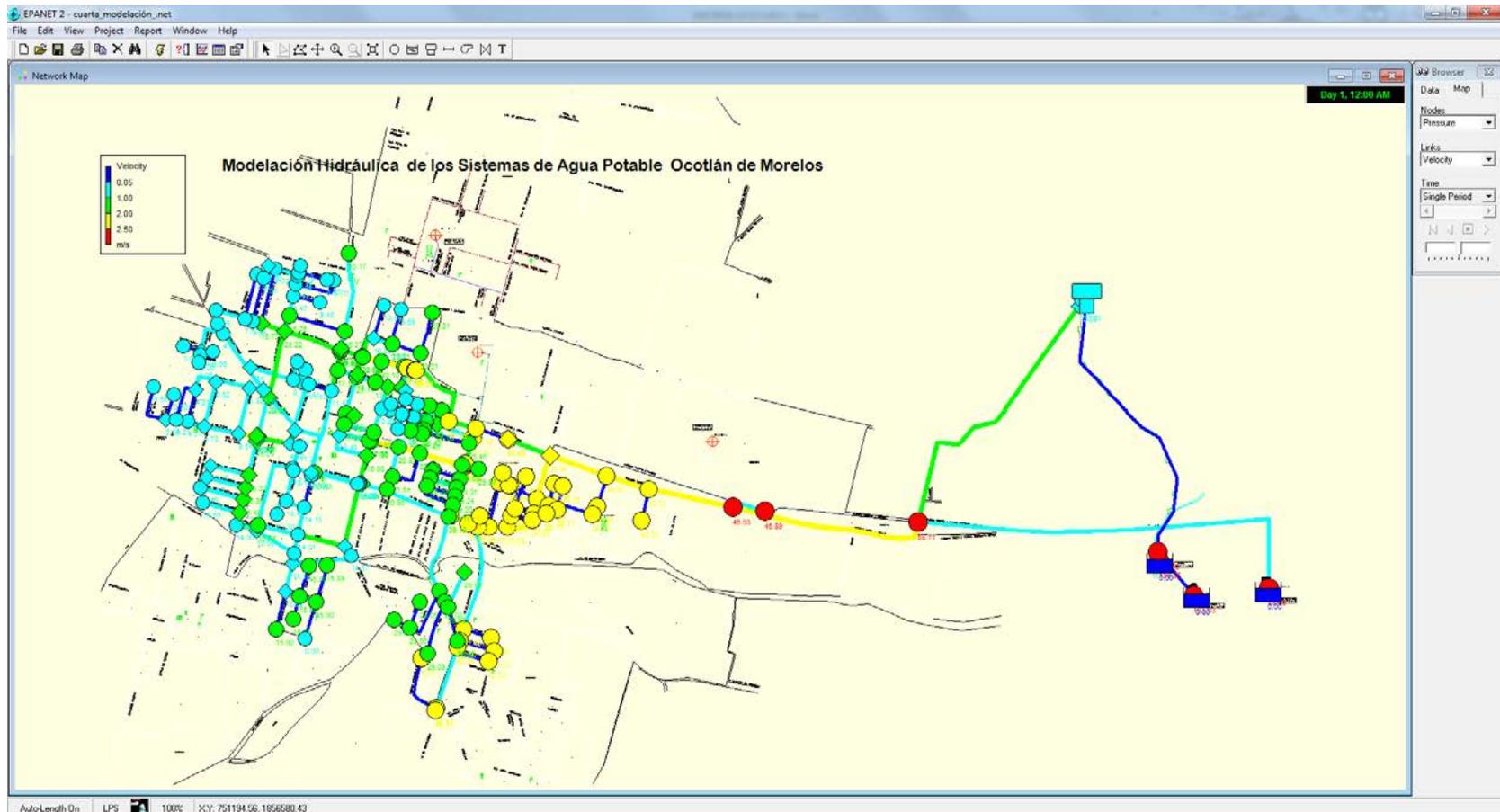


Figura 26. Velocidades calculadas a partir del modelo matemático elaborado de Ocotlán de Morelos.

## PROPUESTAS DE MEJORA AL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE OCOTLÁN DE MORELOS

Con base en los resultados obtenidos en la modelación, pueden proponerse acciones en el sistema que busque mejorar el servicio de forma considerable. Las mejoras propuestas mediante el software deben ser complementadas con otras acciones que de igual forma contribuyan a mejorar la eficiencia del sistema y servicio. Entre las acciones complementarias pueden ubicarse la realización de programas de reducción de fugas en líneas primarias y secundarias, así como la sustitución de válvulas y la instalación de nuevas que faciliten el control y operación de la red de agua potable.

### SUSTITUCIÓN Y AMPLIACIÓN DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN EN OCOTLÁN DE MORELOS

Con base en los resultados del modelo hidráulico, es posible sugerir cambios que intentan mejorar de manera gradual la distribución del agua hacia la población. Las acciones propuestas se plantearon siguiendo el criterio de llevar agua a presión y cantidad suficiente a las zonas que actualmente carecen del servicio y posteriormente se proyectarán las ampliaciones de ésta a las calles y colonias sin agua.

La propuesta de mejora del servicio contempla la sustitución de 5,339.21 metros de tuberías y la colocación de 4,936 metros de tubería nueva, con la finalidad de que la red funcione como cerrada, y poner en funcionamiento los tanques Violeta y conectar a la línea principal las líneas que eran abastecidas por el pozo Tocuela. En todos los casos se sugirió como material de las tuberías propuestas el polietileno de alta densidad (PEAD), por su baja rugosidad y resistencia a altas presiones, así como por su fácil instalación. En la Tabla 20 se resume la longitud de tubería que es necesaria sustituir.

**Tabla 20. Longitud de Tuberías a sustituir Ocotlán de Morelos**

	Diámetro Actual por sustituir en mm			
	a 250 mm			a 50 mm
	<b>63</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>63</b>
Longitud en m	<b>190.1</b>	<b>2717.01</b>	<b>858.25</b>	<b>1573.85</b>
Longitud Total en m	<b>5339.21</b>			

La Tabla 21 muestra la longitud de las tuberías es necesario agregar para conectar los tanques Violetas y abastecer la red que era alimentada por el Pozo Tocuela.

**Tabla 21. Longitud de Tuberías nuevas Ocotlán de Morelos**

	Diámetro en mm	
	<b>250</b>	<b>50</b>
Longitud en m	<b>869.15</b>	<b>4066.85</b>
Longitud Total en m	<b>4936</b>	

La tubería que será sustituida a 250 mm, como se muestra en la Tabla 21 es para formar la línea principal de la red, tal como se observa en la Figura 27

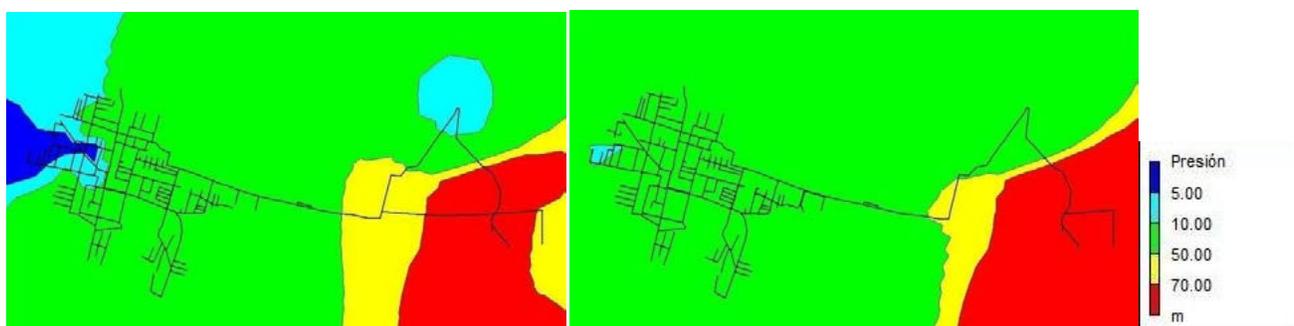


Como se mencionó en la Tabla 20, los 1573.85 m de la tubería que será sustituida por una de diámetro de 50 mm y los 869.15 m de tubería nueva de 250 mm, que se muestra en la Tabla 21, son necesarios para adecuar y poner en funcionamiento los Tanques Violeta, conectados a la línea principal propuesta, como se observa en la Figura 28, donde las líneas de color azul muestran las tuberías a sustituir, y la línea verde la tubería nueva



**Figura 28. Sustitución y colocación de líneas, para conectar los tanques Ocotlán de Morelos**

Con esta adecuación y sustitución de la tubería, idealizando una línea principal, se logró aumentar presiones desde un valor de menos de 5 metros de columna de agua, a más de 20 metros.

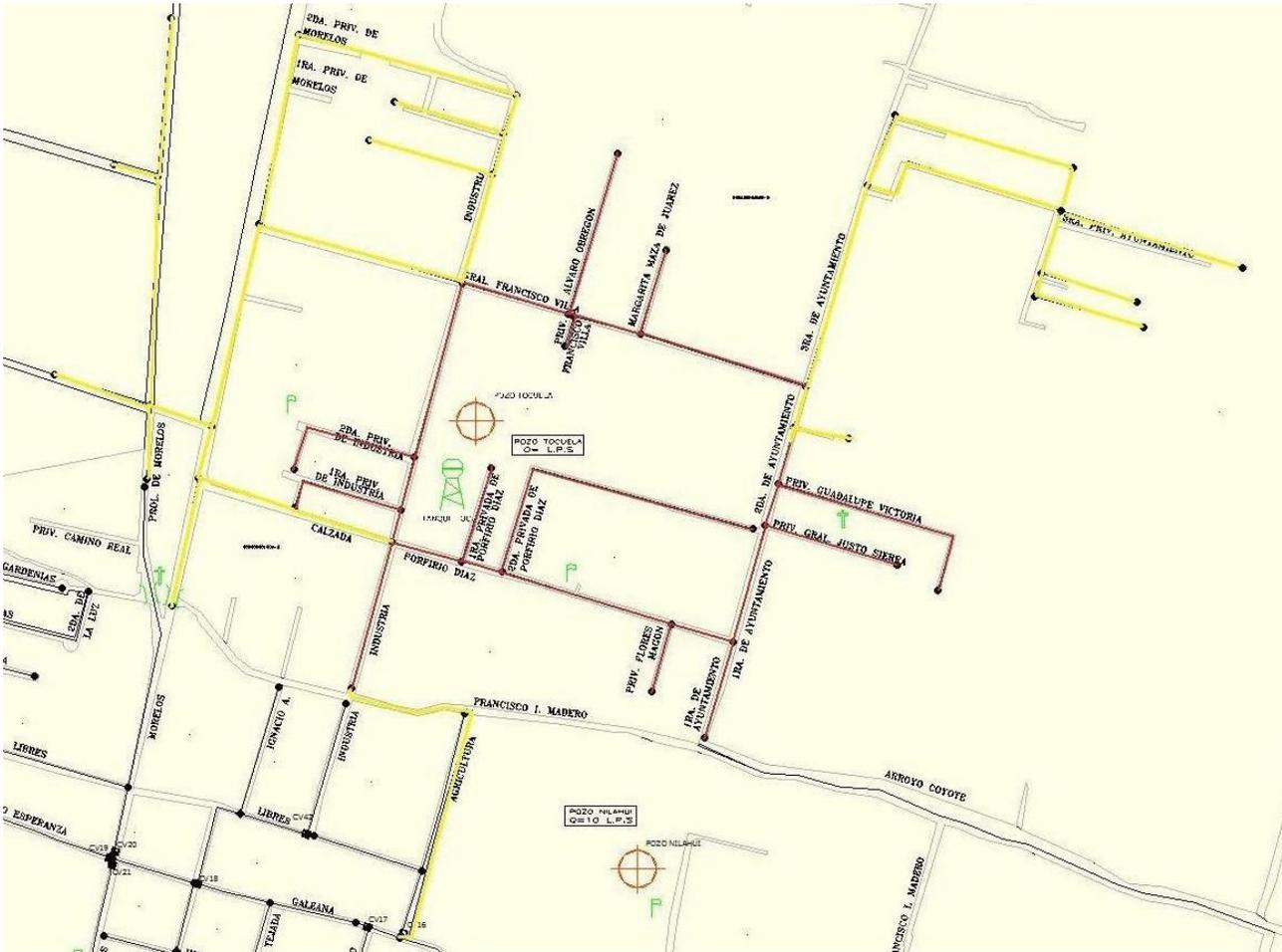


**Figura 29. Cambio de presiones, conectando tanques y línea principal Ocotlán de Morelos**

Teniendo la propuesta anterior y revisando que las presiones no fueran afectadas, se realizó un modelo, tomando en cuenta otra modificación que consiste en conectar a la línea principal de la red que

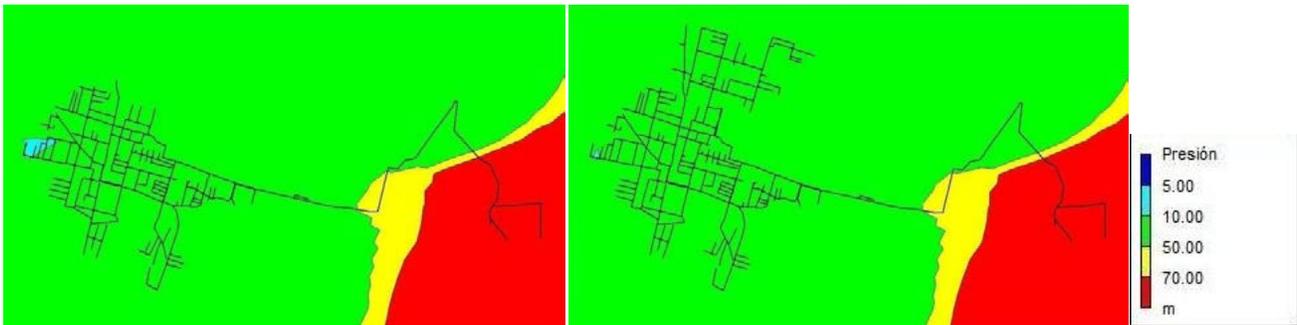
anteriormente era abastecida por el pozo Tocuela al mismo tiempo que se hizo una ampliación de esta parte hacia las calles que no cuentan con líneas de abastecimiento.

La red que se conectó como se muestra en la siguiente figura, donde el color rojo indica la tubería existente y el color amarillo las nuevas tuberías.



**Figura 30. Ampliación de la red Ocotlán de Morelos**

Después de analizar las presiones de la última modificación, se observó que conectar una red existente y ampliarla no afecta en las presiones de la red principal y, además, se obtienen presiones adecuadas en la parte anexada, como se hace notar en la siguiente figura.



**Figura 31. Cambio de presiones, ampliando la red Ocotlán de Morelos**

#### RESUMEN DE ACCIONES A EJECUTAR DURANTE 2014

Las acciones antes descritas pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Sustituir tuberías en la línea principal por 3,765.36 m de tubería de 250 mm.
2. Conectar los tanques Violetas a la línea principal a través de 869.15 m de tubería de 250 mm.
3. Conectar a los tanques Violetas a las líneas que serán abastecidas por estos y cambiar 1,573.85 m de tubería de 63 mm por tuberías de 50 mm.
4. Conectar mediante 869.15 m de tubería de 250 mm a la línea principal la red que era abastecida por el Pozo Tocuela.
5. Ampliar la red con 4,066.85 m de tubería de 50 mm.

PROPUESTA ECONÓMICA 2014

Los cambios sugeridos a la red de distribución tienen un impacto económico estimado en \$ 3,636,356 pesos, ver Tabla a continuación:

<b>Tabla 22. Monto estimado de Inversión</b>					
<b>Elemento</b>	<b>Acciones por ejecutar</b>	<b>Cantidad</b>	<b>PU</b>	<b>Inversión estimada</b>	<b>Beneficios esperados</b>
Red de distribución	Colocación de 4662 m de tubería de 250 mm	4662	\$538	\$2,508,156	Mejorar y ampliar el servicio de agua potable.
	Colocación de 5641 m de tubería de 50 mm	5641	\$200	\$1,128,200	
	<b>Gran Total \$ 3,636,356</b>				

## ELABORACIÓN DE PLANOS PRELIMINARES DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA: AGUA POTABLE Y DRENAJE

Los planos generados fueron sólo los correspondientes a agua potable. A continuación se muestra el plano generado de Ocotlán de Morelos.

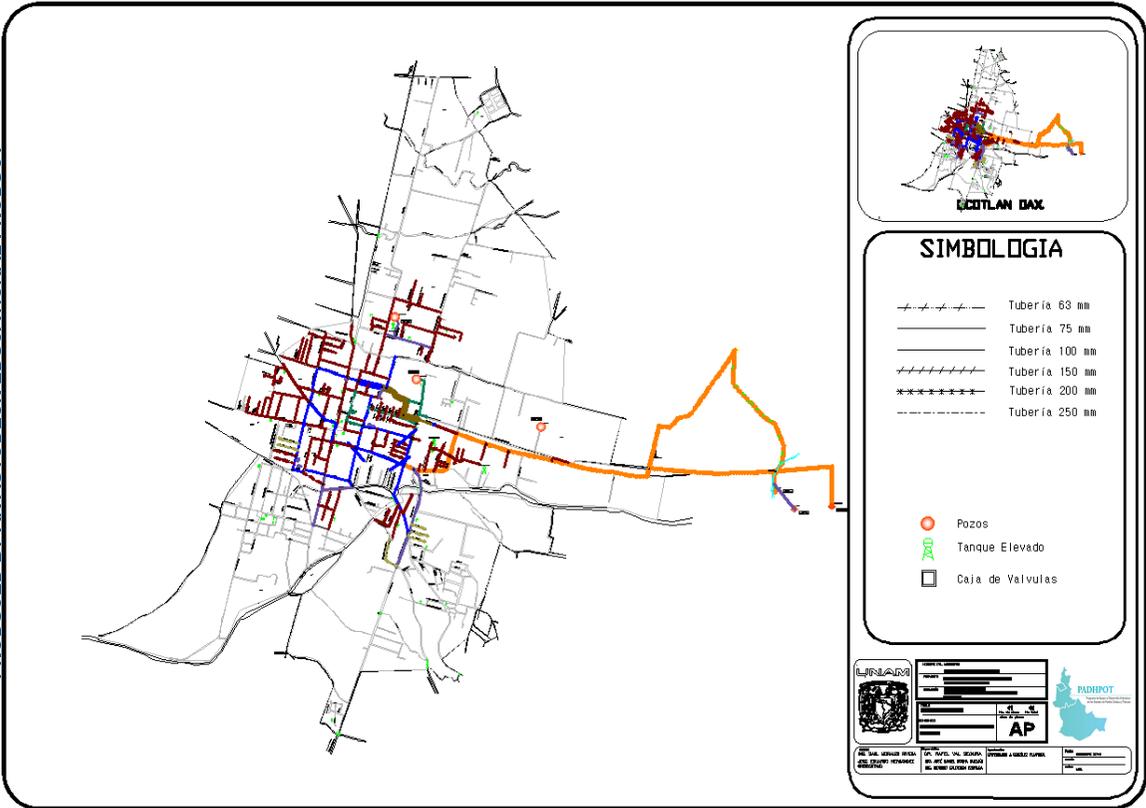


Figura 32. Cambio de presiones, ampliando la red Ocotlán de Morelos



SAN FRANCISCO TELIXTLAHUACA



## COORDINACIÓN DE ACTORES

Se llevó a cabo la presentación del programa, los resultados de las etapas anteriores y las estrategias generales a seguir ante el presidente municipal, la directora de obras públicas, el encargado del organismo operador y el presidente municipal electo; con ello se obtuvo el visto bueno de todas las autoridades que intervienen en el servicio de agua potable y saneamiento, tanto las actuales, como las futuras.

## ACCIONES BÁSICAS

### INICIO DE LA DIFUSIÓN DEL PROGRAMA Y DE SU DESEMPEÑO

Se efectuó la difusión de los objetivos del programa y su estructura a través de una plática informativa con personal del municipio, del organismo operador y ante uno de los comités ciudadanos de San Francisco Telixtlahuaca.

También se dio cuenta del inicio de las actividades del PADHPOT y la naturaleza de las mismas, a través de una nota informativa en el diario Noticias y se realizó una entrevista radiofónica ofreciendo la misma información, a través de la radiodifusora local "Radio Panamericana".



**Figura 33. Plática informativa sobre los objetivos del Programa**

## Inicia Programa “Desarrollo Hidráulico en Telixtlahuaca y Zimatlán de Álvarez”

Figura 34. Nota informativa dando cuenta del inicio de las actividades del PADHPOT

El Programa de Apoyo al Desarrollo Hidráulico de los Estados de Puebla, Oaxaca y Tlaxcala (PADHOT), inicia su implementación en los municipios de San Francisco Telixtlahuaca Etlá y Zimatlán de Álvarez, para que se gestionen servicios de agua en forma eficiente y sustentable para mejorar su competitividad y propiciar un crecimiento acelerado, equilibrado y justo con plena participación de la sociedad.

El PADHPOT es realizado por iniciativa de la UNAM, gracias al apoyo de la Comisión Estatal del Agua de Oaxaca y de la Comisión Nacional del Agua. Así también, se busca contar con la participación de las autoridades municipales y de la comunidad para dar cumplimiento cabal al objetivo.

Desde marzo de 2013 comenzaron las actividades en Ocotlán de Morelos, con resultados inmediatos como el aumento del 27% del agua disponible para ser distribuida a la población ocoteca.

La implementación del PADHPOT da inicio con actividades básicas que impactan en la mejora de los servicios de agua y saneamiento, desinfección



EL PROGRAMA SE APLICARÁ durante 5 años en Zimatlán de Álvarez, San Francisco Telixtlahuaca y Ocotlán de Morelos, para crear una metodología en pro del desarrollo hidráulico, capaz de replicarse en otros municipios.

y reuso, tales como: emisión de recomendaciones para colocar equipos de medición, revisión a los sistemas de desinfección del agua, evaluación del funcionamiento de las fuentes de abastecimiento y monitoreo al sistema de drenaje sanitario y pluvial, entre otras.

También se realizan actividades para mantener informada a la comunidad y trabajar en un marco de rendición de cuentas y transparencia, así como fomentar su participación, tales como:

sondeos sobre los problemas que la comunidad detecta en torno a los servicios de agua potable y saneamiento y sus propuestas de solución, difusión de las actividades a través de diversos medios de comunicación locales y estatales, así como la realización de reuniones informativas con la comunidad.

El PADHPOT tiene una puerta abierta a comentarios, sugerencias y opiniones de toda la población en padhpot.unam@gmail.com

### CREACIÓN DE ALIANZAS CON ORGANIZACIONES CLAVE

Se crearon alianzas con la radiodifusora local “Radio Panamericana”, con el objetivo de que a través de sus espacios se difundan los avances del Programa y se emitan los mensajes que formen parte de campañas promovidas por el PADHPOT.



Figura 35. Equipo del PADHPOT en entrevista radiofónica a través de Radio

### REALIZACIÓN DE SONDEOS Y ENTREVISTAS A LA COMUNIDAD

Con apoyo de las autoridades municipales, se realizó un sondeo rápido a 92 personas y se efectuaron 15 entrevistas a profundidad, para conocer los aspectos negativos del servicio de agua y saneamiento identificados por la población, así como para saber sus propuestas de solución.

La población en general indica como principales problemas que: “el agua llega durante poco tiempo y no es suficiente” y que “el agua que llega está sucia” o bien “llega con exceso de cloro”; en este punto cabe señalar que la población asocia el concepto de suciedad o mala calidad con el sabor a cloro.

Otros problemas indicados por la población son: “el costo excesivo”, “la gente no paga el agua”, “el agua se riega de los tanques” y “la gente a la que le llega más agua, la desperdicia”.

Como propuestas de solución mencionaron:

“hacer pozos para obtener más agua”

“vigilar los tanques de almacenamiento porque se riega el agua”

“colocar medidores para que se pague lo justo”

“desinfectar el agua” y

“promover que la gente pague el agua a tiempo”

---

## RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PARA EL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN

Para cumplir el objetivo de ir recabando información en materia hidráulica que sirva de apoyo para la planeación de acciones y que conforme, más adelante, el Centro de Documentación, se recopilaron los siguientes documentos:

- Proyecto ejecutivo de la nueva red
- Tesis de ampliación de la red de drenaje
- Plano de la red de agua potable (centro)
- Padrón de usuarios
- Planos: Agua potable, ampliación de drenaje, planta de tratamiento.
- Cuestionarios de encuesta realizada sobre la calidad del servicio

---

## EJECUCIÓN DE UN PLAN DE ACCIONES BÁSICAS PARA LA MEJORA DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO

---

### REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN DE REFERENCIA

El nombre oficial del organismo operador es “Organismo Operador de San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca”, es un organismo a cargo de la Comisión Estatal del Agua del estado de Oaxaca. Su estructura organizacional está conformada por un administrador, quien es el responsable por parte del estado de prestar los servicios a los habitantes del municipio, también hay un contador y tres técnicos operadores del sistema.

En infraestructura, cuenta con dos fuentes de abastecimiento (pozos profundos) que extraen un gasto medio de 11.4 l/s en 2013, se tienen dos líneas de conducción de los pozos a los tanques de 100 y 150 mm de diámetro respectivamente y el sistema cuenta con dos tanques de regulación con capacidad de 560 y 360 m<sup>3</sup> respectivamente.

La red de distribución de San Francisco Telixtlahuaca es abierta con diámetros que van desde los 25 mm hasta los 150 mm en algunas líneas de conducción. El material predominante es el PVC y una tubería de asbesto cemento (AC) de 150 mm, algunas calles son abastecidas a partir de diámetros de 25 mm. La distribución en todos los casos es por gravedad: de las fuentes de abastecimiento se conduce el agua a las estructuras de regulación y de éstas hacia la población. Sólo una calle correspondiente al centro es abastecida por bombeo. Se tienen un total de 38 cajas de válvulas en la que se secciona la red para poder brindar el servicio a las diferentes colonias del municipio.

El sistema de agua potable cuenta con un padrón de usuarios de 1687 usuarios registrados, de los cuales 1299 son domésticos, 38 comerciales, 20 industriales, 22 por acarreo, 3148 son pensionados, 16 tienen sostenimiento de toma y 144 están canceladas.

Los importes a pagar de cada uno son los siguientes: usuarios domésticos pagan 40 pesos, comerciales 60 pesos, industriales 90 pesos, por acarreo 40 pesos, pensionados 35 pesos y el sostenimiento de toma es 30 pesos.

La siguiente tabla muestra la relación de la información de referencia recopilada y solicitada a los responsables de los servicios.

---

<sup>3</sup> Acarreo se refiere a usuarios que no cuentan con disponibilidad de agua del organismo operador y tienen que usar otro medio para obtenerla como pipas.

**Tabla 23. Listado de la información existente**

Área	Fuente de Información	Información a recopilar	Observaciones	Dato
General	Población	Población total		11280 habitantes
		Población histórica	De los últimos tres censos y conteos nacionales	
		Población con servicio de agua potable		
		Población con servicio de alcantarillado		
	Padrón de usuarios	Total de tomas registradas	Con y sin medidor	Anexo
		Número de tomas domiciliarias	Con y sin medidor	
		Número de tomas comerciales	Con y sin medidor	
		Número de tomas Industriales	Con y sin medidor	
		Número de tomas con servicio continuo		
		Número de tomas por colonia	Domésticas y no domésticas	
		Número de tomas por clase socioeconómica	Clase popular, media y residencial	
		Número de tomas por ruta de lectura	Domésticas y no domésticas	
		Número de manómetros en el sistema		
	Relación y estudios de factibilidades	Cobertura de agua potable, drenaje, saneamiento y reúso	En porcentaje de área y de habitantes	Anexo
		Zonas de crecimiento de población	Colonias o fraccionamientos en proceso, con número de tomas	No disponible
Oficinas gubernamentales	índice de hacinamiento	Número de personas por vivienda o toma domiciliaria	No disponible	

			doméstica	
		Planos de traza de calles, colonias y nombres	Georeferenciado, con escala real e imagen satelital.	Google maps
<b>Técnica</b>	Estadísticas de producción y operación	Fuentes de abastecimiento		
		Número de Pozos		2
		Número de fuentes superficiales (galerías filtrantes, ríos, presas, etc.)		
		Tanques de regulación		2
		Número, tipo y volumen de tanques de regulación		Anexo
		Volúmenes suministrados al sistema	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual generada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual tratada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual tratada reutilizada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Costo operacional del sistema		No disponible
		Número de Macro medidores instalados en el sistema		1
		Número de Macro medidores instalados y funcionando en el sistema		1
Características de los macro medidores instalados en puntos de suministro	Tipo, modelo, fecha de instalación y calibración, diámetro	No disponible		

Archivos digitales y mapotecas	Planos de la red de agua potable	A escala real, georeferenciados, con diámetros, materiales, rugosidades y longitudes de tuberías, cotas topográficas en cruceros y tipos, ubicación de pozos, rebombes, tanques, válvulas; preferentemente en formato AutoCAD.	Anexo
	Planos de la red de drenaje, estudios y reportes de mantenimiento y proyectos existentes	A escala real, georeferenciados, con diámetros, materiales, rugosidades y longitudes de atarjeas, colectores y emisores, pozos de visita cotas topográficas en pozos de visita, ubicación de pozos, cárcamos; preferentemente en formato AutoCAD.	No disponible
	Planos de perfiles de conducciones	Con indicaciones de cambio de diámetro y material, ubicación de válvulas, de aire y desfogue	No disponible
	Planos de perfiles de emisores	Trayectoria, cotas, diámetro y punto de descarga	No disponible
	Planos de topografía	En planta, con curvas de nivel a cada 0.5 metros en terreno muy accidentado y a	No disponible

			cada 2 metros en superficies planas. Preferentemente en Formato AutoCAD	
		Proyectos ejecutivos anteriores	Se pueden obtener datos adicionales de planos y mediciones	No disponible
		Planos de lotificación y predios	Preferentemente en formato AutoCAD	No disponible
		Croquis de detalle de fontanería	De rebombes, tren de descarga pozos, tanques de regulación; con simbología oficial CONAGUA	No disponible
		Estadísticas de ocurrencia históricas de fugas	Fugas registradas en un año histórico, ocurridas en tomas domiciliarias, tuberías, red y válvulas; reportadas y reparadas mensualmente, tipos de falla y tiempos de reparación.	No disponible
		Ocurrencia históricas de azolvamiento	Líneas de drenaje con mayo recurrencia de azolvamiento, mantenimiento e inundaciones	No disponible
<b>Comercial</b>	Facturación	Consumos de agua por tipo de usuario	Volúmenes mensuales históricos de un año, por tipo de usuario, por colonia, o rutas de colonias, para cuota fija y servicio medido	No disponible
		Volumen de agua facturado		No disponible
		Importe de agua facturado		No disponible
		Importe de agua recaudado		No disponible

		Políticas de facturación y cobro	Usuarios exentos de pago, usos públicos, escuelas, hoteles y usuarios con cuota fija, usos irregulares y clandestinos.	Anexo
	Estadísticas de mantenimiento	Características de micro medidores	Tipos y modelos de aparatos, coberturas geográficas, errores históricos, de exactitud, ocurrencia y tiempo de sustitución	Sin micro medidores instalados
		Micro medidores instalados funcionando		No disponible
<b>Operativa (energética)</b>	Facturación de energía eléctrica	Datos generales del suministro eléctrico	Nombre de la compañía eléctrica que proporciona el servicio, tensión, tarifa, tarifa por equipo de bombeo, historial mensual de facturación en un año, (demanda máxima, consumo en Kilowatts hora, factor de potencia) horarios de operación	No disponible
	Planos, inventario de equipos	Infraestructura mecánico - hidráulica	Bombas (Identificación, marca, tipo, modelo, material de carcasa, eficiencia de diseño); succión, (histórico de los niveles dinámico y estático del acuífero), características del tren de descarga, características de	

			operación, condiciones de succión y descarga; destino de fluido bombeado y operación.	
	Mantenimiento	Bitácoras de mantenimiento. Programas Institucionales	Registro histórico y reciente de actividades, reparación a motores a bombas, registro de monitoreo de variables	No disponible
<b>Institucional</b>	Informes ejecutivos	Indicadores de gestión	Indicadores de eficiencia física	No disponible
		Planes maestros y de factibilidad	Programas proyectados, inversiones en el corto y largo plazo, proyectos de eficiencia en desarrollo, metas anualizadas.	No disponible
		Organigrama de la institución	Describir funciones, personal e interrelación con otras áreas	No disponible
		Programas interinstitucionales	Programas de eficiencia que se están con recursos aportados por CONAGUA, entidades estatales y municipales	No disponible
<b>Calidad del agua</b>	Informes y archivos	Resultados de muestreos de calidad del agua		No disponible
		Información del sistema de cloración en todos sus aspectos	Equipos instalados, tipo de desinfectante utilizado o compuesto de cloro empleado,	No disponible

			sitios de aplicación, equipo y material utilizado.	
--	--	--	--	--

### Ubicación física del Organismo Operador

Se localiza en la parte central del estado de Oaxaca, en la región de los Valles Centrales, pertenece al distrito de ETLA. Se ubica en las coordenadas 96° 54' longitud oeste, 17° 18' latitud norte y a una altura de 1,700 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con los municipios de Santiago Nacaltepec y San Juan Bautista Jayacatlán; al sur con los municipios de Santiago Tenango, San Pablo Huitzo y Magdalena Apasco; al oriente con San Juan Bautista Jayacatlán y San Juan del estado; al poniente con San Jerónimo Sosola. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 32 kilómetros.

El Organismo Operador se encuentra situado en la cabecera municipal de San Francisco Telixtlahuaca, cuenta con una oficina en el palacio municipal con dirección Hidalgo número uno, a un costado del palacio municipal, código postal 68213, San Francisco Telixtlahuaca Oaxaca. Su área de operación es el centro del municipio y se encuentra a cargo de Ingeniero Luis Santiago Flores quien es el administrador desde mayo de 2012 hasta la fecha.

## ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN

### COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

La cobertura de servicios públicos de acuerdo a la información proporcionada por el H. Ayuntamiento de San Francisco Telixtlahuaca es de 81% en agua potable.

De acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI) la cobertura de agua potable ha crecido en el municipio de un 60% en el año 1990 a un 81% en el año 2010 y este se ha mantenido en el municipio como se muestra en la siguiente figura.

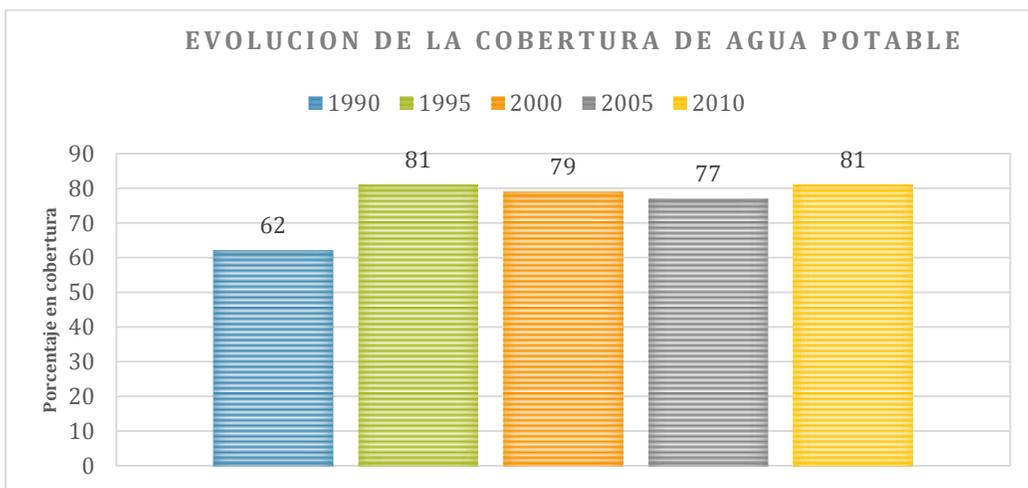


Figura 36. Muestra el crecimiento de la cobertura de agua potable (INEGI 2010)

## Captaciones

El sistema de Agua potable del centro del municipio de San Francisco Telixtlahuaca, Oaxaca, cuenta con dos fuentes de abastecimiento (pozos profundos) llamados pozo 1 y pozo 3, estos están a cargo de la Comisión Estatal del Agua (CEA), de los cuales se extrae el agua hacia dos tanques de regulación mediante una línea de conducción de 100 mm y 150 mm respectivamente.

### Pozo 1

- Pozo profundo, con bomba vertical instalada. Operando en buenas condiciones.

### Pozo 3

- Pozo profundo, con bomba sumergible instalada. Operando en buenas condiciones

Se realizó una visita a las fuentes de abastecimiento del centro del municipio. Los pozos visitados fueron aforados con un equipo portátil de tipo ultrasónico<sup>4</sup> y posicionados con un equipo GPS. Durante 2012 se estimó un gasto medio para la cabecera municipal de 8.6 l/s; sin embargo, como resultado de trabajos de mantenimiento a los equipos electromecánicos ha sido posible incrementar en un 30 % la disponibilidad de agua.

También se recopiló información sobre las características de los equipos de bombeo que se encuentran actualmente instalados en operación

El volumen extraído de las fuentes de abastecimiento a cargo de la CEA ascienden en promedio a 488 m<sup>3</sup>/día para el caso del pozo 1 y 495.9 m<sup>3</sup>/día para el pozo 3, ver Tabla 24

**Tabla 24. Muestra las características hidráulicas de las fuentes de abastecimiento.**

Municipio	Nombre del pozo	Coordenadas (UTM)		Altitud	Profundidad
				(msnm)	m
Pozos CEA	Pozo 1	722350	1913844	1741	56
	Pozo 3	722414	1914097	1727	46

**Tabla 25. Muestra las características hidráulicas de las fuentes de abastecimiento.**

<sup>4</sup> Un medidor de tipo ultrasónico portátil es un equipo para medir gastos o volúmenes de agua en conductos a presión, con la particularidad de no ser insertado en la tubería. Funciona mediante el efecto Doppler, por medio de transductores se analizan los cambios de frecuencia, el resultado de esta variación

Municipio	Q medidor pozo	Q ultrasónico	Error de exactitud	Horas de bombeo al día	Volumen extraído	Diámetro medidor sugerido	Q medio
	l/s	l/s			m3/día	(mm)	l/s
Pozos CEA	12	9.7	23.71	14	488.9	75	5.7
	-	9.5	-	14.5	495.9	75	5.7
						<b>TOTAL CEA</b>	<b>11.4</b>

Tabla 26. Características de los equipos de bombeo instalados en las fuentes de abastecimiento

Municipio	Nombre del pozo	Bomba		Alimentación
		Tipo	Potencia (HP)	V
Pozos CEA	Pozo 1	Vertical	30	440
	Pozo 3	Sumergible	25	220

### Políticas de Operación

Se verificaron los días de operación de los tanques de regulación para la distribución del agua en la red de agua potable del municipio.



Figura 37. Muestra los tanques de regulación ubicados en el centro de san francisco Telixtlahuaca

**Tabla 27. Describe el horario en que son operados los pozos del centro de San Francisco Telixtlahuaca**

<b>POZO</b>	<b>HORARIO DE OPERACIÓN</b>	<b>DIAS UTILIZADOS</b>
<b>.POZO I</b>	5:00 a 19:00 Horas	Lunes, Miércoles y Viernes
<b>POZO I</b>	5:00 a 14:00 Horas	Martes, Jueves y Sábado
<b>POZOIII</b>	7:00 a 19:00 Horas	Lunes, Miércoles y Viernes
<b>POZO III</b>	11:00 a 19:00 Horas	Martes, Jueves y Sábado

El gasto medio extraído que se obtiene de cada fuente de abastecimiento es de 5.7 l/s sumando ambas fuentes de abastecimiento se obtienen 11.4 l/s, lo que representa un volumen medio extraído de las fuentes de abastecimiento al día de 984. 96 m<sup>3</sup>/día.

#### *Calidad*

La desinfección en el centro de la cabecera se hace en los tanques de regulación de forma diaria, no así en las colonias, durante los recorridos pudo constatar que en ninguna de ellas se clora el agua. Será preciso realizar talleres enfocados a la importancia de la desinfección del líquido. De forma preliminar se recomendó de forma no oficial clorar el agua, se dieron algunas sugerencias de cantidad y tiempo de contacto.

Utilizan flotadores para la desinfección en los tanques que abastecen de agua a la población del centro de San Francisco Telixtlahuaca, donde vierten una cantidad no conocida de pastillas de hipoclorito de sodio. Por medio de la experiencia de los operadores del sistema toman una muestra mediante un clorímetro en una casa alejada a los tanques de almacenamiento para saber si cumple con los límites permisibles de cloro residual libre, el valor obtenido se muestra en el límite superior de la norma en 1.5 mg/l, los operadores lo mantienen en este límite para garantizar la desinfección durante el día y lo hacen dos veces al día, una en la mañana y otra al medio día. Una vez realizada la prueba se hace el reporte y se manda a que lo valide el centro de salud del municipio avalando el documento y este se envía semanalmente a la Comisión Estatal del Agua para su conocimiento.

**COORDINACIÓN DE ENLACE CON ORGANISMOS OPERADORES Y SISTEMAS DE AGUA POTABLE PROGRAMA AGUA LIMPIA MONITOREO DE CLORO RESIDUAL LIBRE**

SISTEMA DE AGUA POTABLE DE TELIXTLAHUACA, ETLA, OAX.

FECHA: SEMANA 41 DEL DIA 07 OCTUBRE AL 11 OCTUBRE DEL 2013

FECHA	DOMICILIO	HORA	CLORO RESIDUAL LIBRE (L.M.M.J.V.) 0.0 0.2 1.5		
07/10/13	TANQUE NO. 2 CALLE ABASOLO ESQUINA GALEANA	05:00 A.M.			1.5
08/10/13	TANQUE NO. 1 CALLE PROGRESO	10:30 A.M.			1.5
09/10/13	TANQUE NO. 2 CALLE ABASOLO ESQUINA GALEANA	09:00 A.M.			1.5
10/10/13	TANQUE NO. 1 CALLE PROGRESO	09:00 A.M.			1.5
11/10/13	TANQUE NO. 2 CALLE ABASOLO ESQUINA GALEANA	09:30A.M.			1.5

OBSERVACIONES:

ATENTAMENTE  
 ENCARGADO ADMINISTRADOR  
 ING. LUIS SANTIAGO FLORES  
 ESTADO DE OAXACA  
 DE Agua Potable  
 CIL. FCO. TELIXTLAHUACA

Recibí  
 Doctora Teresita García  
 11/10/13  
 Servicios de Salud de Oaxaca  
 JURISDICCIÓN SANITARIA No. 1  
 Centro de Salud  
 San Francisco Telixtlahuaca

**Figura 38. Muestra el documento que es entregado a la CEA para el conocimiento de la cloración del agua de lunes a viernes.**

### *Cobertura de macro medición*

En cuanto a la cobertura de macro medición, se encuentra en un 50% de cobertura instalada ya que de las dos fuentes de abastecimiento sólo una tiene medidor, sólo existe un medidor instalado en el tren de descarga del pozo 1, el cual mide un caudal de 12 l/s. Aforando y comparando con el equipo portátil se verificó que se extraen 9.7 l/s de la fuente de abastecimiento, se obtuvo el error de exactitud para verificar el funcionamiento del medidor, el cual presenta un error del 23.71%, lo que quiere decir que está midiendo 2.84 l/s más de lo que realmente pasa por el tren de descarga hacia los tanques de regulación. Lo anterior permite visualizar que el equipo instalado no cumple con el porcentaje de error al ser éste muy alto y se sugiere instalar medidores electromagnéticos de pilas con data logger incluido, como transmisión de datos por radio frecuencia. Para el caso del medidor se recomienda un equipo de tres pulgadas, ver tabla

### *Líneas de conducción*

En el centro de San Francisco Telixtlahuaca se cuenta con dos fuentes de abastecimiento que tienen dos líneas de conducción independientes que llegan a los tanques de regulación. Una que va del pozo uno hacia el tanque dos y una vez que es llenado pasa al tanque uno, esta línea de conducción es de fierro fundido de diámetro de 100 mm y no es visible en ningún punto hasta que llega a su destino final. La segunda es independiente de la primera y va del pozo tres al tanque de regulación dos, es de fierro fundido (fofo), tiene diámetro de 150 mm y llega abastecer al tanque dos y posteriormente abastece al tanque uno.

### *Tanques de regularización*

Ubicados en la parte más alta del centro del municipio en el barrio llamado El Calvario se localizan dos tanques de regulación con capacidades de 580 m<sup>3</sup> y 360 m<sup>3</sup> respectivamente, contando con una capacidad de regulación en el centro del municipio de 940 m<sup>3</sup> disponibles para ser entregados a la población.

Las características de los tanques de regulación son tanques de mampostería y concreto, son superficiales, se encuentran en uso y se aprecian con humedad en las paredes por el exterior, se encuentran resguardados para evitar que se contamine el agua que almacenan y pueda poner en peligro la salud de la población.

**Tabla 28. Describe las características de los tanques de regulación en el centro de San Francisco Telixtlahuaca.**

Municipio	Nombre del pozo	Tipo de tanque	Volume n	Materia l	Estad o actual	Altitud(msnm )	Coordenada s (UTM)	
			m <sup>3</sup>					
Tanques CEA	Tanque 1	Superficia l	580	Concret o	En uso.	1773	722350	191384 4
	Tanque 2	Superficia l	380	Concret o	En uso	1727	722414	191409 7
		TOTAL CEA	960					

### *Red de distribución y balance hidráulico*

La red de agua potable del centro del municipio de Telixtlahuaca se formó de acuerdo a las necesidades de la gente, ya que conforme se incrementó la población, se fue disponiendo del servicio, a tal grado que ahora en este lugar se tienen tuberías que pasan por debajo de algunas casas del barrio de arriba denominado El Calvario, es decir, no hubo una planeación previa para brindar el servicio conforme fue creciendo la población.

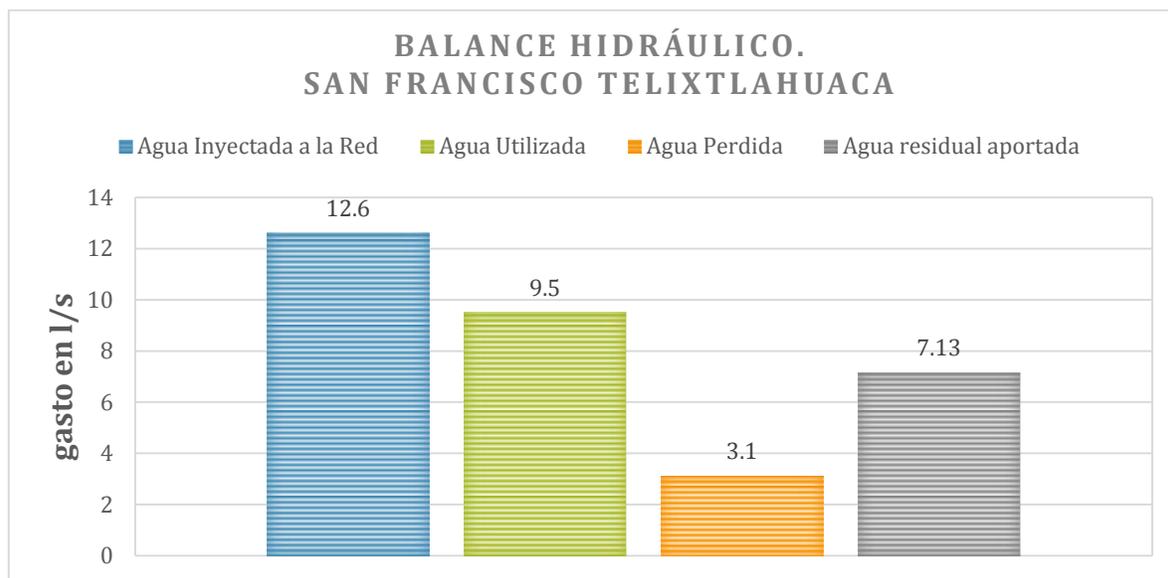
La red de San Francisco Telixtlahuaca es abierta con diámetros que van desde los 25 mm hasta los 150 mm en algunas líneas de conducción. El material predominante es el PVC y una tubería asbesto cemento (AC) de 150 mm. Algunas calles son abastecidas a partir de diámetros de 25 mm y son precisamente estas las que carecen de un servicio continuo e impiden que el agua sea conducida hacia zonas más lejanas y altas. La distribución en todos los casos es por gravedad, de las fuentes de abastecimiento se conduce el agua a las estructuras de regulación y de éstas hacia la población. Sólo una calle correspondiente al centro es abastecida por bombeo.

Se actualizó y posicionó la red de distribución de agua potable de la cabecera municipal de San Francisco Telixtlahuaca y se actualizó el plano de la misma red.

### *Balance Hidráulico*

El balance hidráulico en la cabecera municipal es de la siguiente manera: se inyectan a la red 11.4 l/s, que es el caudal extraído de las fuentes de abastecimiento, se consumen en la cabecera municipal 8.75 l/s, se pierden 2.65 l/s en la red y debido a fugas y tomas clandestinas este valor de pérdidas representa el 23.25% del suministro y el caudal vertido al drenaje que llega a la planta de tratamiento es de 7 l/s.

En cuanto al balance en las colonias aledañas que se encuentran en la periferia del municipio de San Francisco Telixtlahuaca, 6.5 litros que se inyectan a la red, se consumen 6.5 l/s y se aportan a la planta de tratamiento si estuviera conectado el drenaje en estas colonias de 5.2 l/s, considerando que las pérdidas no existen debido a que se aprovecha en su totalidad el recurso.



**Figura 39. Muestra el balance hidráulico en la cabecera municipal de San Francisco Telixtlahuaca**



### *Cobertura del servicio de alcantarillado*

En el municipio de San Francisco Telixtlahuaca existe una red de drenaje sanitario que se encarga de la recolección de las aguas residuales de las viviendas, la cual abarca sólo el centro de la población en todas las calles principales, esta red de drenaje sanitario fue proyectada en octubre de 1981, con tubería de concreto simple. El subcolector está construido con tubo de 200 mm de diámetro con una longitud de 6,958 metros; el colector es de 300 mm de diámetro con una longitud de 448.00 metros; el emisor 450 mm de diámetro con una longitud de 369.00 metros, la longitud total de la red es de 7,775 metros. El gasto máximo extraordinario es de 34.76 aproximado, el número de pozos de visita existentes de acuerdo al proyecto es 67, ya que la topografía del lugar permite una buena pendiente, con una profundidad variable de 1.00 a 2.50 metros.

Las colonias que aún demandan parcial o totalmente el servicio de drenaje son, entre otras: Llano Monjas, Llano del Calvario, barrio El Gusanito, La Fragua, barrio Loma del Calvario, Avenida Ferrocarril, Independencia, Juan Álvarez y la "Y".

La cobertura del servicio de drenaje en el municipio de San Francisco Telixtlahuaca es de 51% en el municipio.

Con base en los recorridos de campo realizados por el equipo de trabajo del PADHPOT pudo constatar que en todas las colonias periféricas al centro de la cabecera se carece de drenaje sanitario y de un saneamiento de sus aguas residuales generadas. Se estima que en estas colonias habitan cerca de 4,600 personas, las cuales generan hasta 10 l/s, caudal muy similar al generado en el centro del municipio el cual se ha establecido en 7.0 l/s en promedio.

Es poco probable que la mayoría de estas colonias puedan incluso conectarse al drenaje presente en el centro debido a las condiciones que impone la misma topografía; sin embargo, el equipo de trabajo analiza y evalúa actualmente diversas soluciones que podrían constituir una salida a este problema.

Actualmente se realizan recorridos en este sistema a fin de poder disponer de un plano preliminar que muestre su configuración y posibles puntos de conflicto. Se ha podido recopilar una tesis en donde se muestra el trazo, perfil y gastos de diseño de uno de los colectores con los que dispone el municipio. En este mismo documento se muestra el proceso de diseño y ejecución de este colector. Actualmente las colonias a las cuales servirá no están totalmente conectadas al mismo, por lo que el gasto promedio que llega a través del él no rebasa los 0.20 l/s.

### *Cobertura de saneamiento*

En San Francisco Telixtlahuaca el asunto del saneamiento es muy importante y al mismo tiempo descuidado, debido a la poca cobertura de estos servicios y a la deficiente operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio.

Originalmente la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales consistió en un tratamiento secundario a base de humedales. Las aguas residuales tratadas generadas se vertían al río con una remoción de materia orgánica. No fue posible recopilar información que reflejara la calidad y la eficiencia de remoción de los tratamientos anteriormente presentes.

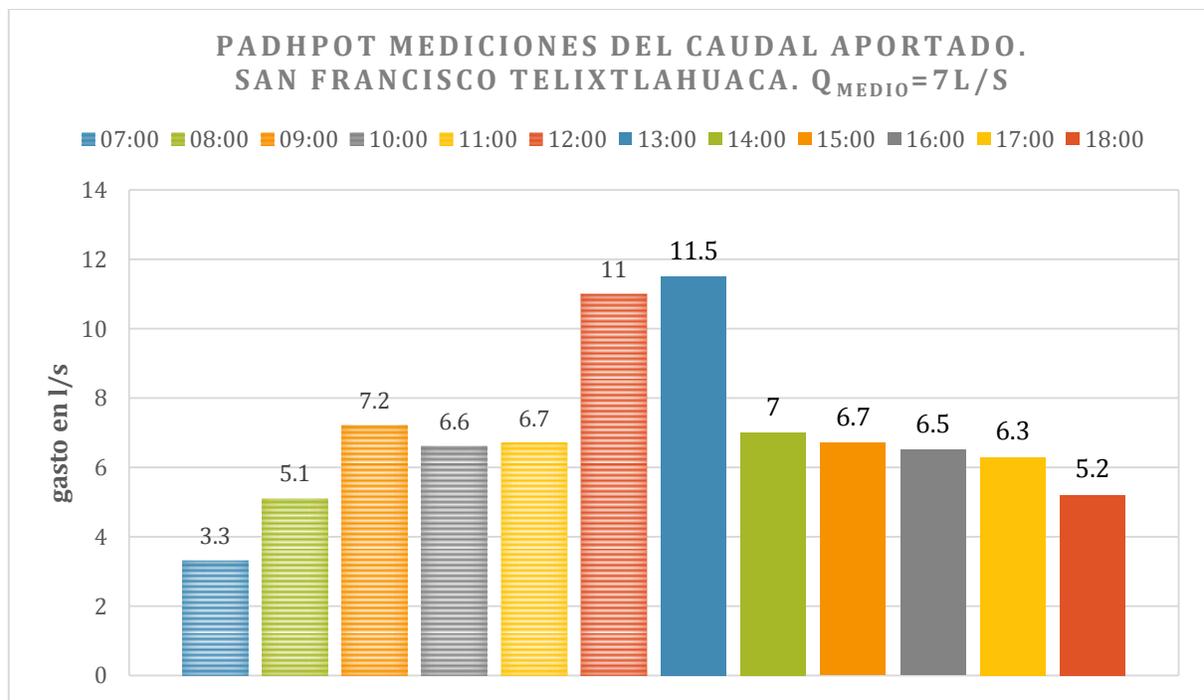
Con el paso de los años la PTAR ha sufrido una serie de modificaciones que la han llevado a prescindir en la práctica de los humedales y a trabajar actualmente con un proceso similar al ocupado en lodos activados.

El espacio que anteriormente ocupaban los humedales ha sido ocupado por una especie de materiales graduados que no remueven la materia orgánica presente en el agua residual y sí, en cambio, representan con toda seguridad un cultivo de bacterias al tiempo de promover la evaporación del agua que llega a ellos.

Un análisis de la calidad del agua que ingresa y sale de la planta confirmaría que la PTAR no tiene actualmente la capacidad de remover materia orgánica, por lo que su rehabilitación resulta importante tanto para el programa como para los habitantes del municipio. Las aguas residuales aparentemente tratadas constituyen quizá el primer punto de contaminación del Río Atoyac.

Mediciones del caudal realizadas en el cárcamo de bombeo de la PTAR reflejan que a esta planta ingresan en promedio 7.0 l/s, el cual representa un 60 % del gasto medio inyectado a la red de distribución.

Se realizó una inspección en horario nocturno, en donde se encontró una aportación de agua de 3 l/s que llegan a la planta de tratamiento, esto es porque existe un organismo operador que suministra agua las 24 horas del día y su línea de conducción pasa por la avenida principal del centro de Telixtlahuaca, el agua de esta línea se introduce al sistema de alcantarillado y llega a la planta de tratamiento. Se descarta que sea agua del Organismo de San Francisco, ya que en este no se suministra agua en horarios nocturnos.



**Figura 41. Grafica que muestra la aportación de aguas residuales a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de San Francisco Telixtlahuaca.**



### Macro medición

Para la macro medición se sugieren los siguientes equipos:

- Instalación de macro medidores de tipo electromagnéticos en tren de descarga de las fuentes de abastecimiento de 100 mm de diámetro, con radio transmisor remoto y data logger incluido, con protección IP68.
- Instalación de macro medidores de tipo electromagnéticos en salida de los tanques de regulación de 100 mm de diámetro, con radio transmisor remoto y data logger incluido, con protección IP68.

### Micro medición

Para la micro medición se recomiendan los siguientes equipos:

- Instalación de 1690 micro medidores de 13 mm en tomas domiciliarias. Se sugiere colocar medidores de tipo volumétrico con data logger incluido y grado de protección IP68.

**Tabla 29. Resumen de las cantidades de medidores a sustituir en el municipio de Ocotlán de Morelos**

Municipio	Tipo de medidor	Cantidad	DIAMETRO mm
San Francisco Telixtlahuaca	Macro medidores	14	100
	Micro medidores	1,690	13

---

## PROPUESTA DE ACCIONES DE PROTECCIÓN Y RESGUARDO DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Ejecución de programa de rehabilitación, conservación y protección a elementos del sistema de abastecimiento de agua: fuentes de abastecimiento y tanques de regularización.

- Cercar el área de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación en la zona inmediata.
- Evitar disponer basuras y contaminantes en el sitio de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación.
- Evitar encharcamientos cerca de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación
- No permitir el aseo personal, ni el lavado de utensilios, ropa, ni animales por que pueden ser una fuente de contaminación de esta infraestructura.
- Realizar limpieza y recolección de basura en el lugar donde se encuentran las fuentes de abastecimiento y tanques de regulación.
- Instalación de manómetros en la red de distribución.
- Pintura en la tubería del tren de descarga, salidas de los tanques de regulación.
- Rehabilitar la barda perimetral del pozo uno para protección de los equipos.
- Sustituir el equipo electromecánico del pozo número uno.
- Sustituir las válvulas en los trenes de descarga
- Instalar un manómetro en el tren de descarga

---

## ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE SUSTITUCIÓN, REHABILITACIÓN, Y/O AMPLIACIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE Y DRENAJE, REHABILITACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE TANQUES DE REGULACIÓN Y LÍNEAS DE CONDUCCIÓN CONSIDERANDO EN TODOS LOS CASOS SECTORIZACIÓN Y CONTROL DE PRESIONES

---

### ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

La simulación hidráulica se efectuó con el software informático EPANET, el cual es un software informático de la USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), organización creada en 1970 en EE.UU. y encargada de velar por los recursos naturales a nivel mundial.

Este programa de dominio público permite calcular complejas redes de abastecimiento desde un punto de vista hidráulico y de calidad, ofreciendo una rápida capacidad de reacción así como una previsión del comportamiento del sistema de ayuda en la toma de decisiones.

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión.

Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones entre tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos y los niveles en los depósitos.

### *METODOLOGÍA SEGUIDA*

Para la realización del presente estudio se recurrió a visitas de campo para recopilar y validar información para la elaboración de un modelo de simulación hidráulica que reflejara el comportamiento actual del sistema y con base en sus resultados, proponer mejoras que hagan posible que el agua llegue a las zonas más alejadas y altas del municipio.

### *LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA*

Para la realización de un modelo hidráulico se partió de un plano de la red de agua actualizado, dicho plano no existía, por lo que parte de los trabajos en este municipio consistieron en hacer un levantamiento de la red de agua que abastece al centro de la cabecera municipal de tal manera que pudiera generarse un plano actualizado, georeferenciado y escalado, ver Figura 42



**Figura 42. Trabajos de levantamiento de la red de distribución de agua potable San Francisco Telixtlahuaca**

Como resultado de los trabajos de campo y de información repo fue posible disponer de la siguiente información, ver Tabla 30:

**Tabla 30. Información recopilada producto de los trabajos de campo realizados en el municipio de San Francisco Telixtlahuaca**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>INFORMACIÓN RECOPIADA PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO DE LA RED (EPANET)</b>
<b>NODOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevación mediante el uso de un GPS</li> <li>• Estimación de la demanda y fugas en el sistema (Balance Hidráulico)</li> <li>• Ubicación geográfica de los distintos elementos: pozos, tanques, cruceros, etc.</li> <li>• Padrón de usuarios actualizado del municipio con el cual fue posible estimar la demanda</li> </ul>
<b>TUBERIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro</li> <li>• Longitud</li> <li>• Rugosidad</li> <li>• Trayectoria</li> </ul>
<b>VÁLVULAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de función</li> <li>• Estado: abierta o cerrada</li> </ul>
<b>TANQUES DE REGULACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de regulación</li> <li>• Niveles de agua: mínimo, máximo y nivel de operación</li> <li>• Elevación solera</li> <li>• Ubicación Geográfica</li> </ul>
<b>BOMBAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de curva característica utilizando el software EPANET</li> <li>• Potencia, gasto, alimentación eléctrica, eficiencia, factor de potencia</li> <li>• Estimación de carga de bombeo</li> <li>• Ubicación geográfica</li> </ul>

Para la estimación de la dotación por parte de los usuarios, el equipo de trabajo colocó diez equipos de medición – volumétricos con almacenamiento y transmisión de datos por radiofrecuencia – con los cuales fue posible estimar de forma preliminar que cada persona consume 50 litros/habitante/día en el centro de la cabecera. Las mediciones en las fuentes de abastecimiento sugieren una dotación de 140 l/habitante/día, es decir, que en el trayecto fuente de abastecimiento – toma, se pierden 90 litros/habitante/día, ver Figura 43



**Figura 43. Instalación de equipos de medición para la estimación de la dotación de agua por parte de los habitantes de San Francisco Telixtlahuaca**

La demanda de agua se estimó a partir de la dotación estimada y con base al padrón de usuarios disponible el cual consta de 1,700 usuarios. El balance hidráulico elaborado sirvió de base para la alimentación del modelo ya que mostró el caudal que debía ingresarse a los nodos de consumo y el que, se estima, se pierde en fugas en la red.

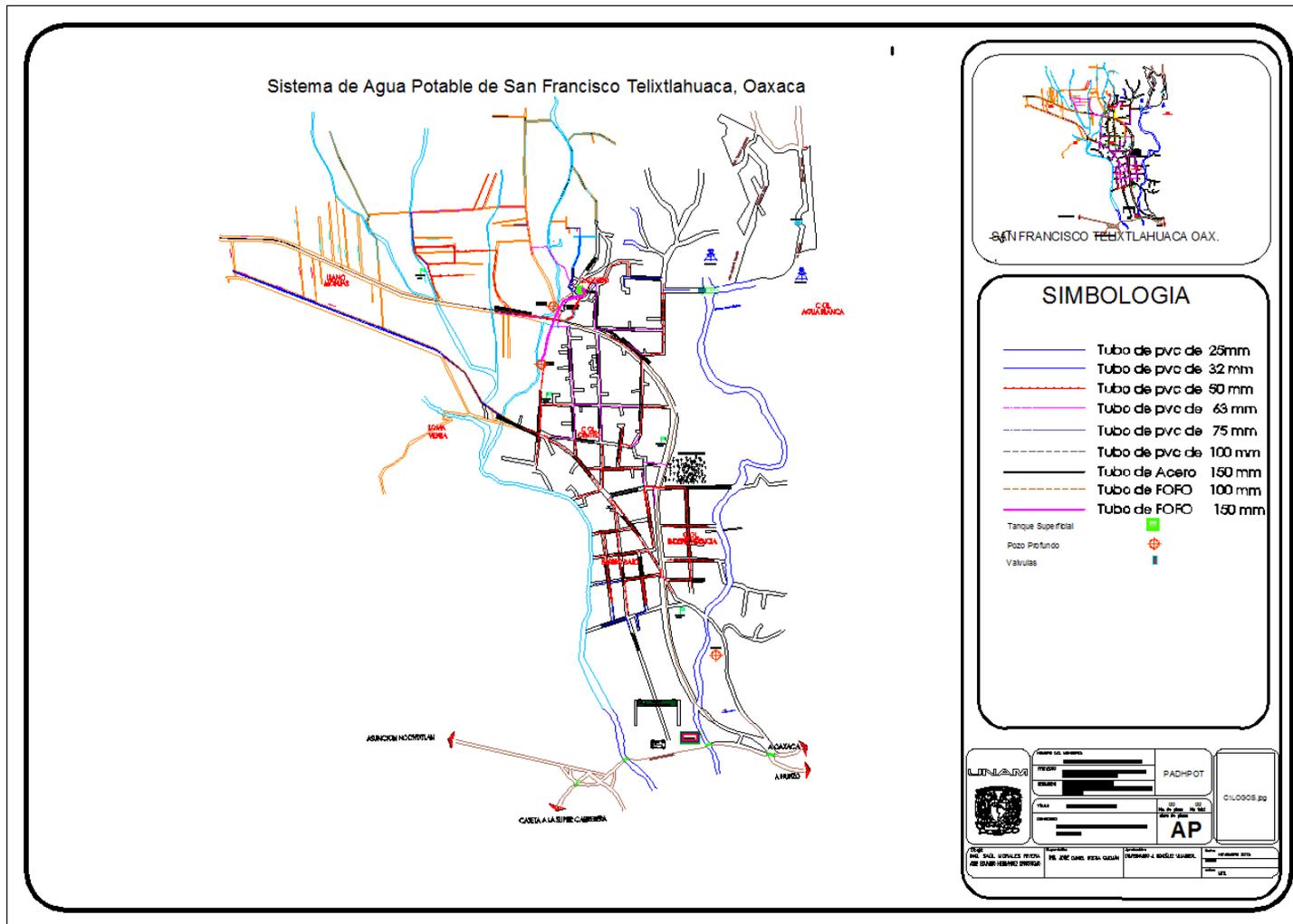


Figura 44. Plano actualizado, referenciado y escalado del municipio de San Francisco Telixtlahuaca Etl, Oaxaca

## RECOPILACIÓN Y VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN

Toda la información recopilada y medida fue validada con personal de operación del sistema de agua potable a cargo de la Comisión Estatal de Agua del Estado (CEA) y del H. Ayuntamiento.



**Figura 45. Proceso de validación de la información con personal de la CEA del estado de Oaxaca y del H. Ayuntamiento**

### **Evaluación de rehabilitación y/o sustitución de la actual red de agua potable**

Durante los recorridos de campo se hizo evidente la necesidad de proponer acciones que mejoren sustancialmente el servicio. Uno de los principales problemas que se observó para el caso de la red de San Francisco Telixtlahuaca, es el diámetro de las tuberías, ya que al ser muy reducidos impide que el flujo de agua llegue a las zonas más lejanas y bajas del municipio. Más del 60 % de la red está conformada por diámetros de entre 50 y 63 mm que hacen a la vez la función de red primaria y secundaria. Este hecho es muy grave si consideramos que estas líneas nacen en los tanques y distribuyen - conducen el agua a las distintas colonias del centro de la cabecera. Basta con que varios usuarios dispongan de una cisterna, una bomba o bien, que exista un número considerable de fugas o tomas clandestinas para que la presión aguas arriba disminuya considerablemente.

Las bajas presiones en las zonas más bajas del municipio se pueden explicar a partir de los reducidos diámetros de las tuberías y por otro lado a la presencia de fugas y tomas clandestinas.

Para el caso de este municipio, el equipo de trabajo del PADHPOT concluye que no resulta conveniente la rehabilitación de una red con diámetros reducidos, más bien, las acciones a proponer estarán dirigidas a proponer ampliaciones y sustituciones de tuberías en el actual sistema respetando las trayectorias actuales, tomando como principal criterio el tendido de una línea principal o primaria que permita conducir el agua hacia las partes más lejanas y bajas del municipio con presión y cantidad suficiente.

## ELABORACIÓN DE LA MODELACIÓN DE AGUA POTABLE

La simulación está basada en la recopilación, organización y análisis de la información existente en el municipio de San Francisco Telixtlahuaca, respecto a la red de abastecimiento de agua. Para alimentar el modelo EPANET y efectuar la simulación, es necesario contar con la información que se enuncia en la Tabla 30 anteriormente mostrada. Una vez recopilada la información en San Francisco Telixtlahuaca, se procedió a organizarla para posteriormente ingresarla al modelo:

**Tabla 31. Gasto medio del municipio**

	<b>Q medio</b>	<b>Horas de servicio</b>	<b>Volumen entregado</b>	<b>Altitud</b>	<b>Profundidad</b>
	<b>l/s</b>	<b>h</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>(msnm)</b>	<b>m</b>
<b>Pozo 1</b>	9.60	14	483.84	1741	56
<b>Pozo 2</b>	9.70	15	506.34	1727	46
		Total	990.18		
		<b>Q medio</b>	<b>11.5</b>	<b>2.3</b>	

**Tabla 32. Características de equipos electromecánicos**

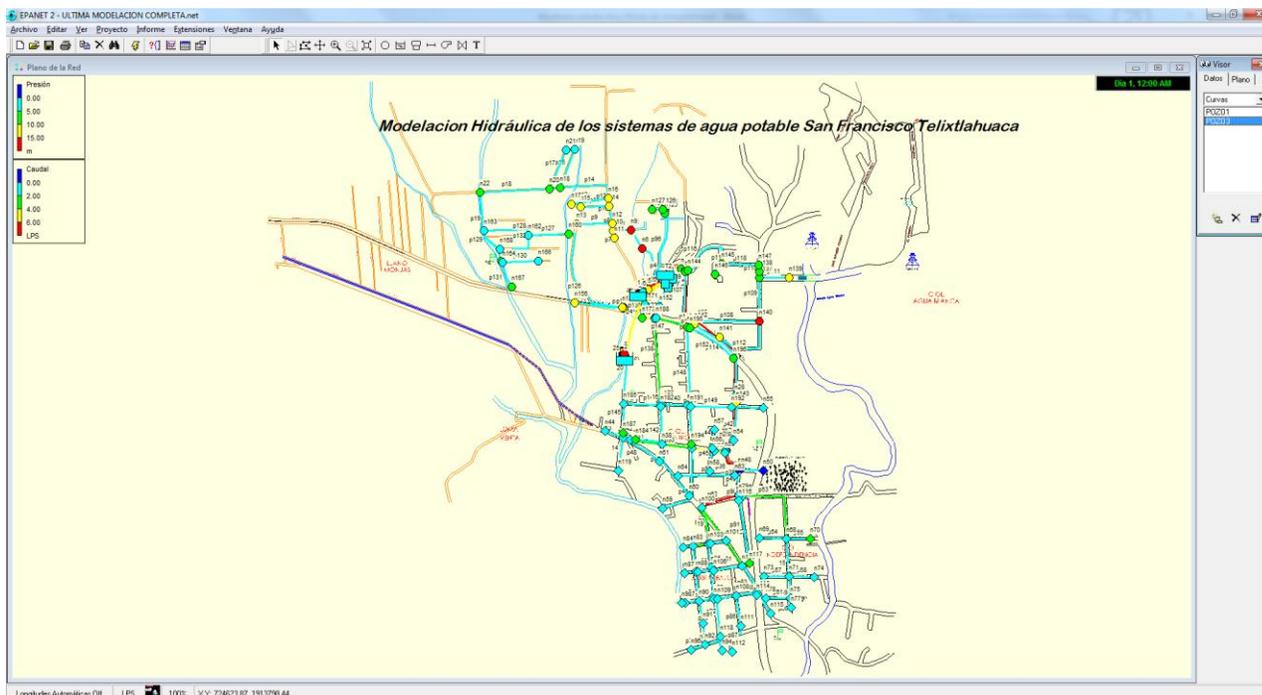
Pozo	Potencia de motor	Tipo de bomba	Altitud	Alimentación
	<b>Hp</b>		<b>(msnm)</b>	<b>V</b>
<b>Pozo 1</b>	30	Vertical	1741	220
<b>Pozo3</b>	25	Sumergible	1727	440

**Tabla 33. Tanques de regulación**

Punto	Coordenadas geográficas		Elevación
	Este	Norte	
<b>Tanque 1</b>	722533.68	1914295	1773
<b>Tanque 2</b>	722523.68	1914310	1773

*ELABORACIÓN Y SIMULACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO*

En esta etapa se parte de una red sencilla, la cual representa el esquema de abastecimiento de agua potable de población que cuenta con 12000 habitantes, que consume un caudal medio aproximado de 11.5 l/s y está conformada por 153 nodos y 156 líneas, cuya distribución se puede observar en la Figura 46



**Figura 46. Esquema de la red de abastecimiento de agua San Francisco Telixtlahuaca**

## *RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE*

A partir de los datos que caracterizan la red que se expone en la Tabla 30 se puede crear el fichero de datos de entrada para que EPANET calcule la red. Por lo que fue necesario que los siguientes datos estuvieran especificados:

Depósito:

- cota a la que está situado (m)

Nudos de consumo:

- cota del nudo (m)
- caudal consumido (l/s)
- caudal fugado (l/s y coeficiente de emisor de 0.5)

Líneas o tuberías:

- nudos inicial y final de la línea
- longitud de la tubería (m)
- diámetro de la tubería (mm)
- rugosidad de la tubería (mm)

En los Anexos a este informe se presenta el fichero de datos de entrada utilizado, en el cual se detallan las características de cada elemento que compone la red. Tras introducir los mencionados datos en el programa y simularlo, se obtuvieron los resultados que se encuentra a continuación.

Una vez introducidos los datos y dibujado el esquema de la red en EPANET, se procedió a simular el comportamiento actual de la red bajo un esquema estático, es decir, en un solo periodo del día.

Tras introducir los datos en el programa y correrlo, se observó que las presiones obtenidas en la red actual de San Francisco confirman lo expuesto en el punto 2.3 de este informe, en el cual se asocia las bajas presiones a los diámetros reducidos de las líneas de distribución y conducción aunado a presencia de fugas las cuales fueron también simuladas en el modelo asumiendo un coeficiente de emisor de 0.5. Las fugas han sido simuladas y cuantificadas en los nudos como un caudal adicional al consumo. En la ecuación que evalúa el gasto de fuga antes citada, se tomó el valor medio de  $x=0.5$ .

En la Figura 47 se puede observar un mapa de iso presiones para el sistema de agua potable de San Francisco Telixtlahuaca. Como resultado de esta modelación, resulta evidente que en las zonas bajas se presentan presiones menores a los 5 metros de columna de agua, lo cual impide que el líquido en estas zonas llegue a las azoteas o al segundo nivel de una casa.

El comportamiento de las presiones en la zona cercana a los tanques de regulación muestra valores superiores a los 10 metros de columna de agua y comienza a decrecer a partir del centro de la cabecera hacia el acceso principal del municipio en las cual el líquido no llega o lo hace con demasiada irregularidad.

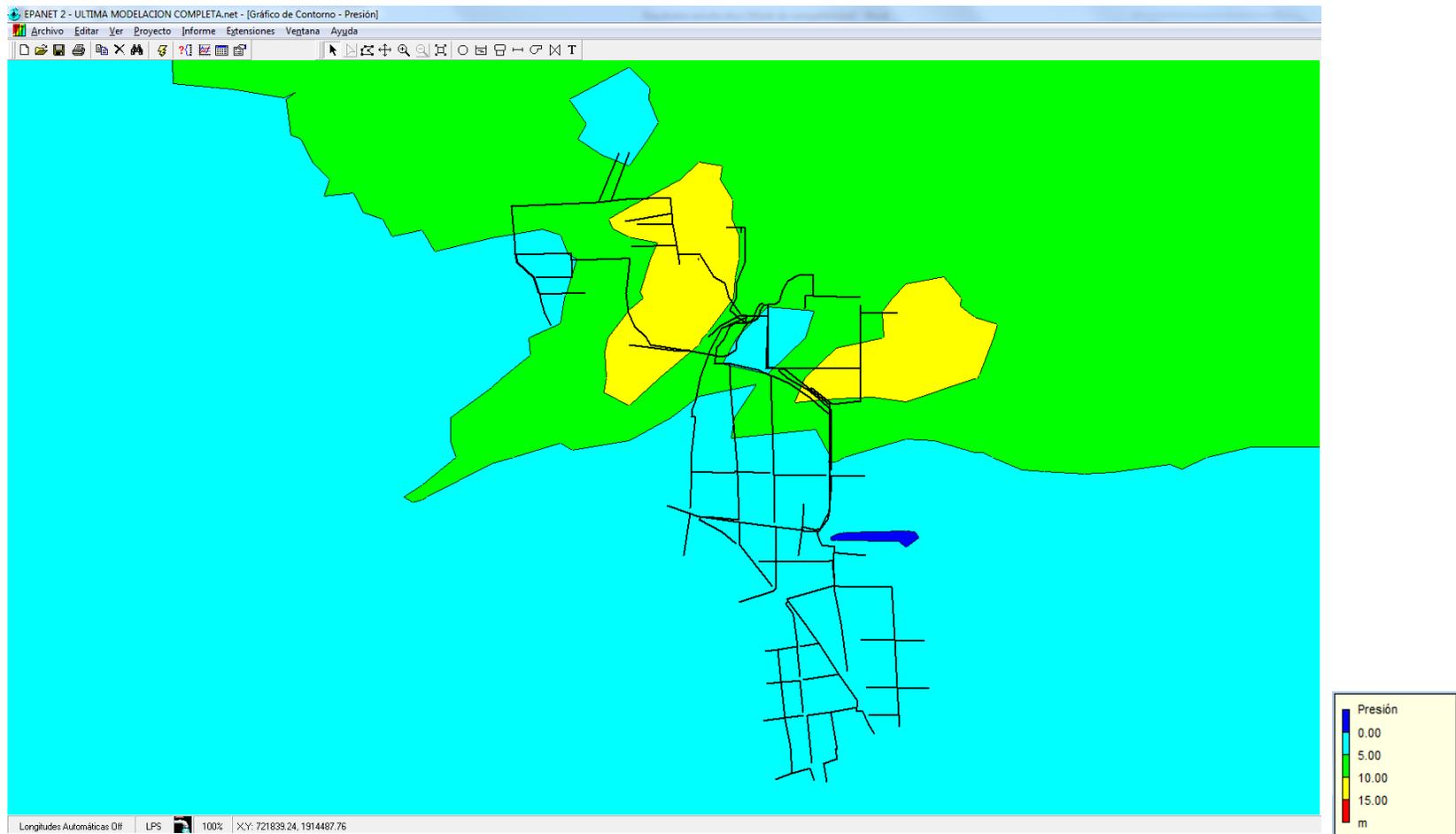
En cuanto a las velocidades en las tuberías de la red de San Francisco, se obtienen valores que oscilan entre 0.1 a 2.5 m/s teniéndose valores por arriba de los 2 m/s principalmente en las líneas de

conducción del pozo al tanque de regulación y menores a los 0.3 m/s en los puntos más alejados de los tanques de regulación, o cual pone en evidencia que estas son las zonas del municipio que disponen de un servicio de agua con mayor irregularidad, ver Figura 47

Lo anteriores valores obtenidos de la modelación podrían ser ajustados para aquellos puntos de presión que se encuentren por debajo de 0.3 m/s. Para que sea acorde a lo recomendado por CONAGUA que indica que para tuberías de PVC se deben considerar una velocidad máximo de 5 m/s y mínima de 0.3 m/s<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Tabla 2.4. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías - Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CONAGUA



**Figura 47. Mapa de iso presiones en el sistema de agua potable de San Francisco Telixtlahuaca.**

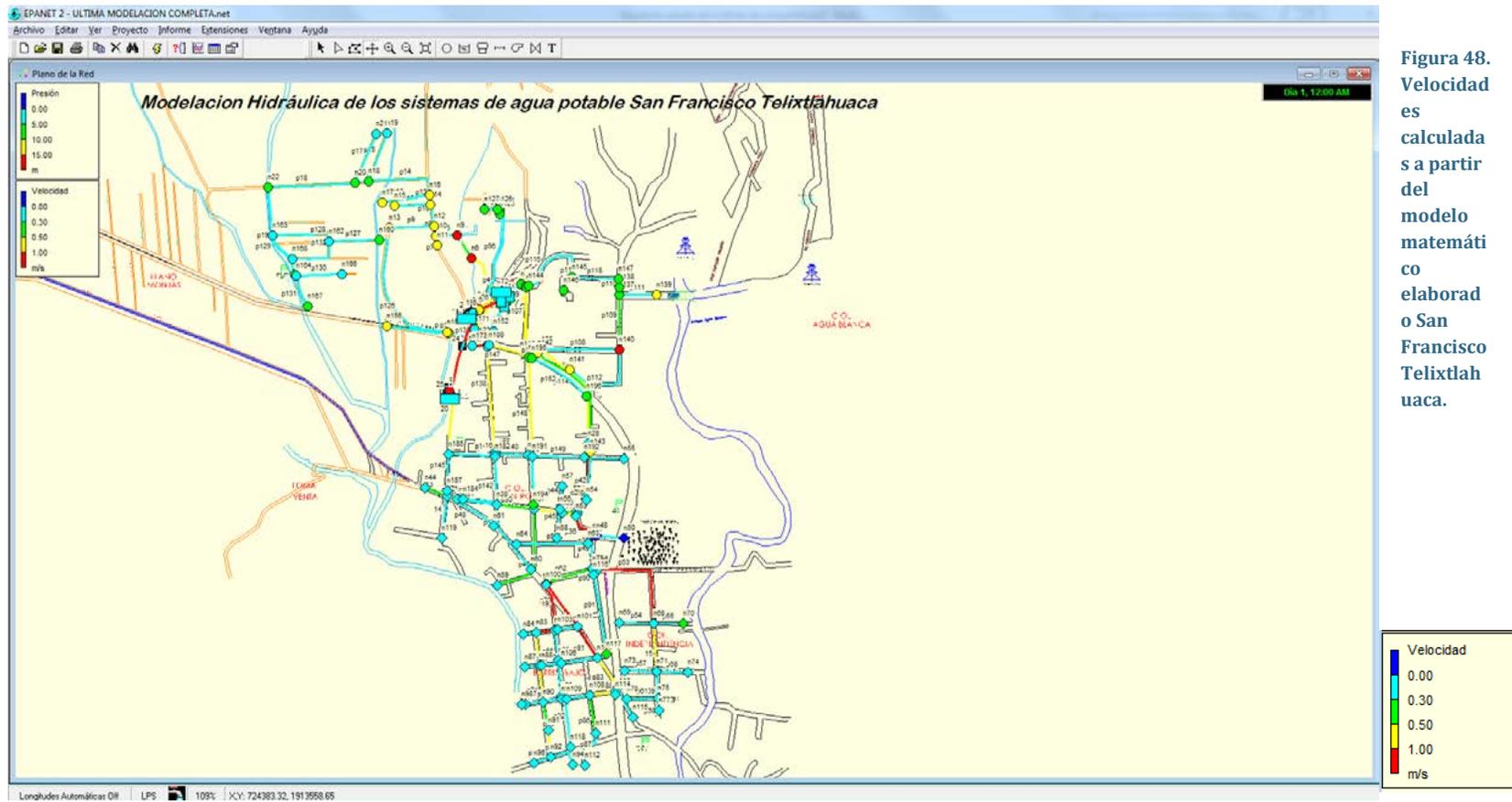


Figura 48. Velocidad es calculada a partir del modelo matemático elaborado San Francisco Telixtlahuaca.

## PROPUESTAS DE MEJORA AL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Con base a los resultados obtenidos en la modelación, pueden proponerse acciones en el sistema que busque mejorar el servicio de forma considerable. Las mejoras propuestas mediante el software deben ser complementadas con otras acciones que de igual forma contribuyan a mejorar la eficiencia del sistema y servicio. Entre las acciones complementarias pueden ubicarse programas de reducción de fugas en líneas primarias y secundarias, sustitución de válvulas e instalación de nuevas que faciliten el control y operación de la red de agua potable.

### SUSTITUCIÓN Y AMPLIACIÓN DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

Con base a los resultados del modelo hidráulico, es posible sugerir cambios que intentan mejorar de manera gradual la distribución del agua hacia la población. Las acciones propuestas se plantearon siguiendo el criterio de llevar agua a presión y cantidad suficiente a las zonas que actualmente carecen del servicio y posteriormente se proyectarán las ampliaciones de ésta a las calles y colonias sin agua.

La propuesta de mejora del servicio contempla la sustitución de 3,400 metros de tuberías en su mayoría menores a 50 mm (que funcionaban como líneas de conducción) a tuberías de diámetros de no más de 150 mm. En todos los casos se sugirió como material de las tuberías el polietileno de alta densidad (PEAD), por su baja rugosidad y resistencia a altas presiones así como fácil instalación. En la Tabla 34 se resume la longitud de tubería que es necesaria sustituir por diámetros mayores.

**Tabla 34. Longitud de tuberías que resultan necesarias sustituir en San Francisco Telixtlahuaca**

	Diámetro actual por sustituir en mm					
	38	50	63	75	100	150
Longitud en m	675.2	1337.5	199.5	0	462.5	680
Longitud total en m	3354.7					

La Tabla 35 muestra la longitud de la tubería con los nuevos diámetros propuestos.

**Tabla 35. Longitud de diámetros propuestos para San Francisco**

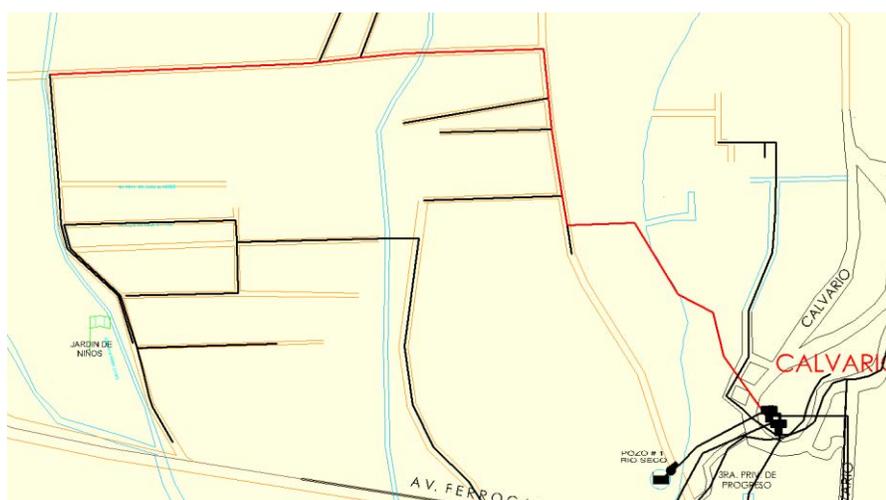
	Diámetro propuesto en mm			
	50	75	100	150
Longitud en m	406	1051	463.2	1469.5
Longitud total en m	3389.7			

Según se desprende de la Tabla 35, la longitud propuesta es mayor en 35 m en relación a la Tabla 36 debido a que se está sugiriendo la colocación de una línea que conecte a dos tramos en la parte más baja del municipio el cual dotará de más agua y presión a esta zona.

Los 3,389.7 metros de tubería a sustituir se agrupan en cuatro tramos, en las Tablas de 36 a la 39 se muestran las longitudes y diámetros de tuberías por sustituir y las propuestas en el modelo, mientras que en las Figuras de la 49 a la 57 los tramos propuestos así como las mejoras en la presión derivadas de los cambios.

**Tabla 36. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 1**

<b>Tramo 1. Sustitución de tuberías de 50 mm a 75</b>			
<b>ID línea en modelo</b>	<b>longitud por sustituir (m)</b>	<b>diámetro actual (mm)</b>	<b>diámetro propuesto (mm)</b>
<b>p18</b>	287	50	75
<b>p16</b>	44	50	75
<b>p14</b>	250	50	75
<b>p10</b>	72	50	75
<b>p6</b>	72	50	75
<b>7</b>	90	50	75
<b>p4</b>	170	50	75
<b>p12</b>	34	50	75
<b>p8</b>	32	50	75
<b>Longitud tramo</b>	1051		



**Figura 49. Tramo 1 (en color rojo) de tubería por sustituir.**

Con la sustitución de la tubería correspondiente al tramo 1, se logran aumentar las presiones de menos de 5 metros de columna de agua a poco más de 20 metros de columna de agua, la cual es una presión que permite que el líquido llegue a más de un segundo nivel de una casa.

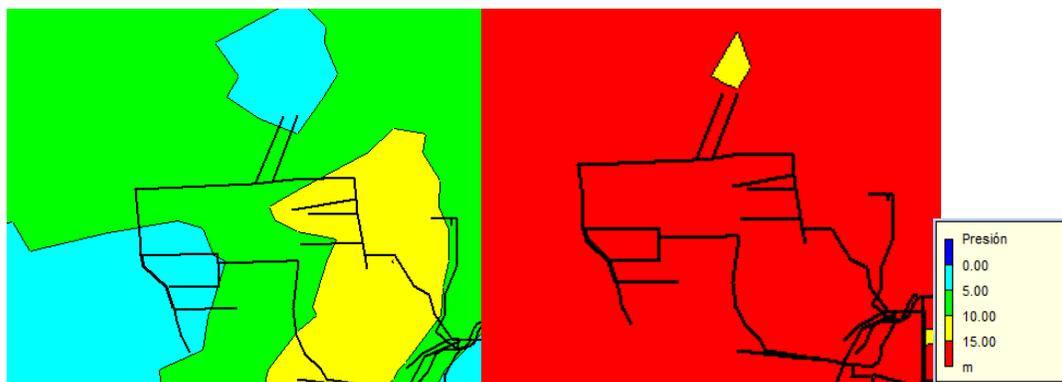
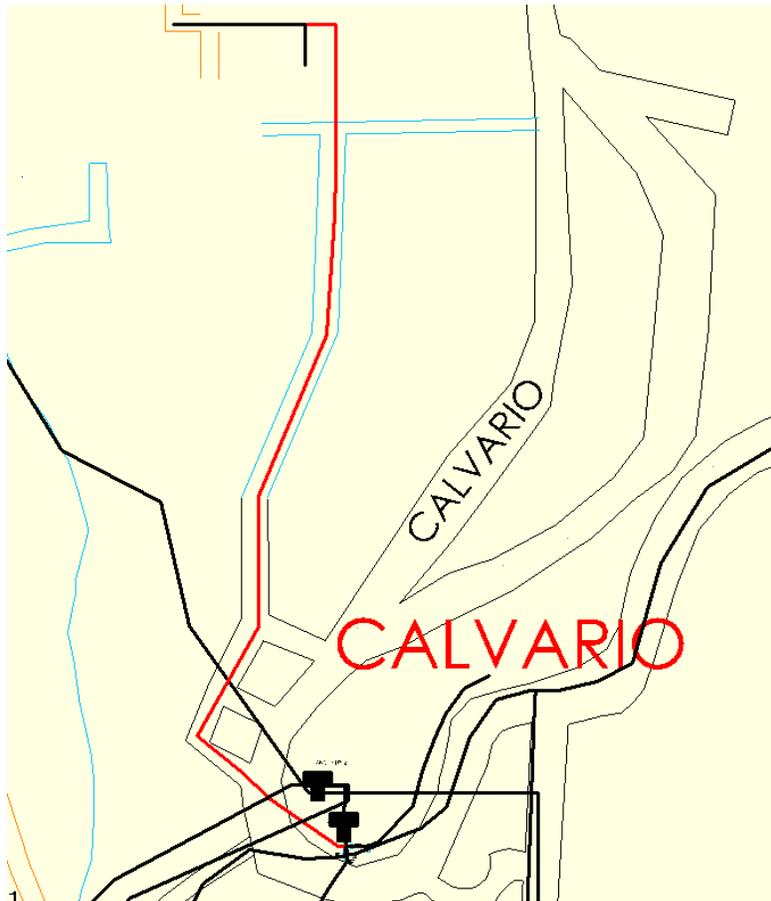


Figura 50. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 1

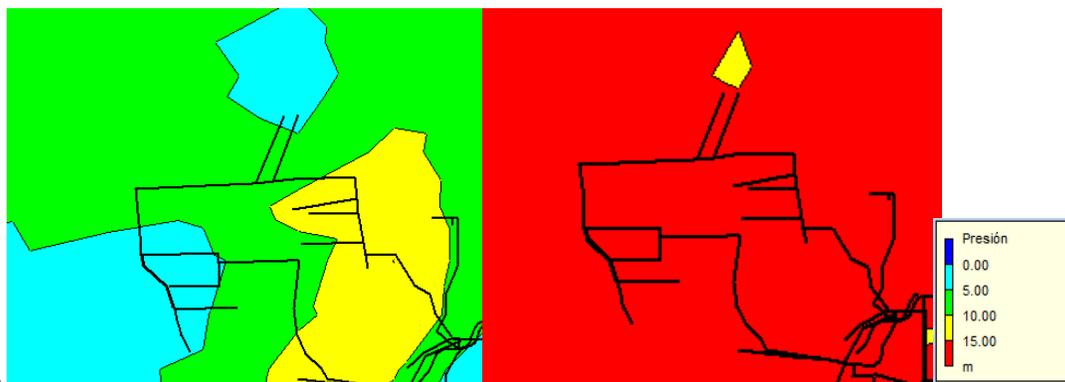
Tabla 37. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 2

Tramo 2. Sustitución de tuberías de 38 mm a 50 mm			
ID línea en modelo	longitud por sustituir (m)	diámetro actual (mm)	diámetro propuesto (mm)
p100	45	38	50
p96	361	38	50
<b>Longitud tramo</b>	406		



**Figura 51. Tramo 2 (en color rojo) de tubería por sustituir.**

Con la sustitución de la tubería correspondiente al tramo 2, se logran aumentar las presiones de menos de 5 metros de columna de agua a poco más de 20 metros de columna de agua, algo similar a lo mostrado para el caso del tramo 1 debido a que ambos se localizan en la misma zona

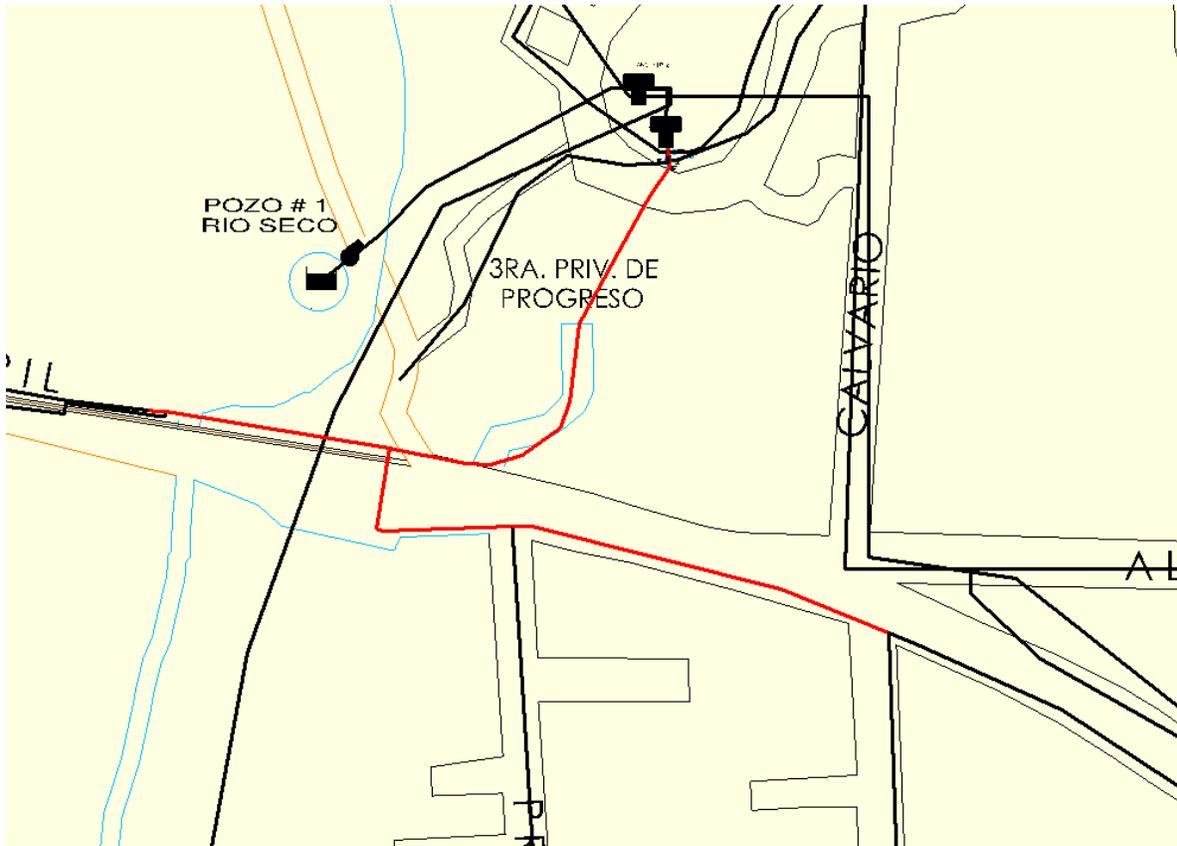


**Figura 52. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 2**

En relación al tramo 3 se propone alimentar a partir de la línea de 100 mm que baja del tanque 1 alimente únicamente a la calle que está antes de su cruce con calle Ferrocarril y, a partir de la línea de 100 mm propuesta (en rojo en la ilustración 12) se conecte el suministro de tal manera que se garantice el abasto a toda la zona baja

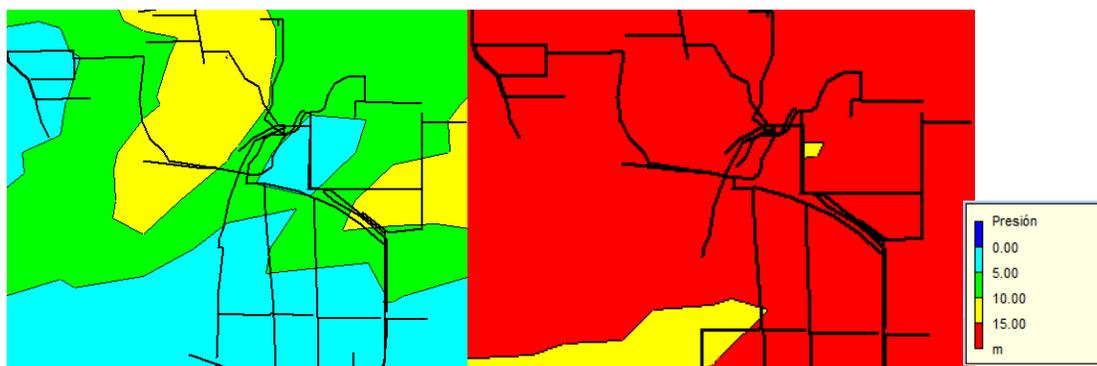
**Tabla 38. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 3**

<b>Tramo 3. Sustitución de tuberías de 38 mm a 100 mm (LINEAS DE CONDUCCIÓN)</b>			
<b>ID línea modelo</b>	<b>longitud por sustituir (m)</b>	<b>diámetro actual (mm)</b>	<b>diámetro propuesta (mm)</b>
<b>4</b>	5	38	100
<b>p94</b>	2	38	100
<b>p103</b>	0.5	38	100
<b>p119</b>	1.7	38	100
<b>p120</b>	4.5	38	100
<b>p121</b>	95	38	100
<b>1</b>	72	38	100
<b>26</b>	83	38	100
<b>p125</b>	6.5	63	100
<b>p136</b>	50	63	100
<b>p146</b>	7	63	100
<b>p147</b>	136	63	100
	463.2		



**Figura 53. Tramo 3 (en color rojo) de tubería por sustituir.**

Con la sustitución de la tubería correspondiente al tramo 3, se logran aumentar las presiones de menos de 5 metros de columna de agua a poco más de 20 metros de columna de agua.



**Figura 54. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 3**

**Tabla 39. Diámetros y longitudes por sustituir en el tramo 4**

<b>Tramo 4. Sustitución de material de tubería de 150 mm ( LINEAS DE CONDUCCIÓN)</b>			
<b>ID línea modelo</b>	<b>longitud por sustituir (m)</b>	<b>diámetro actual (mm)</b>	<b>diámetro propuesto (mm)</b>
<b>6</b>	3	38	150
<b>p23</b>	680	150	150
<b>p24</b>	183	100	150
<b>5</b>	2.5	38	150
<b>p25</b>	51	100	150
<b>9</b>	9.5	100	150
<b>10</b>	4	100	150
<b>p36</b>	105	100	150
<b>p39</b>	110	100	150
<b>17</b>	3.5	50	150
<b>p90</b>	19	50	150
<b>p91</b>	264	50	150
<b>30</b>	35		150
	1469.5		

En relación al tramo, se propuso y modeló alimentar toda la zona baja del municipio a partir de la línea de 150 mm que baja del tanque 1 y se extiende a lo largo de la cabecera municipal para permitir llevar agua hasta esa zona. Con esta acción, se logran mejorar las presiones en la zona baja que actualmente carece de un adecuado servicio.

Por otro lado, se sugiere el tendido de una línea de 35 m de longitud para conectar esta línea de 150 mm con la calle Barrio Bajo

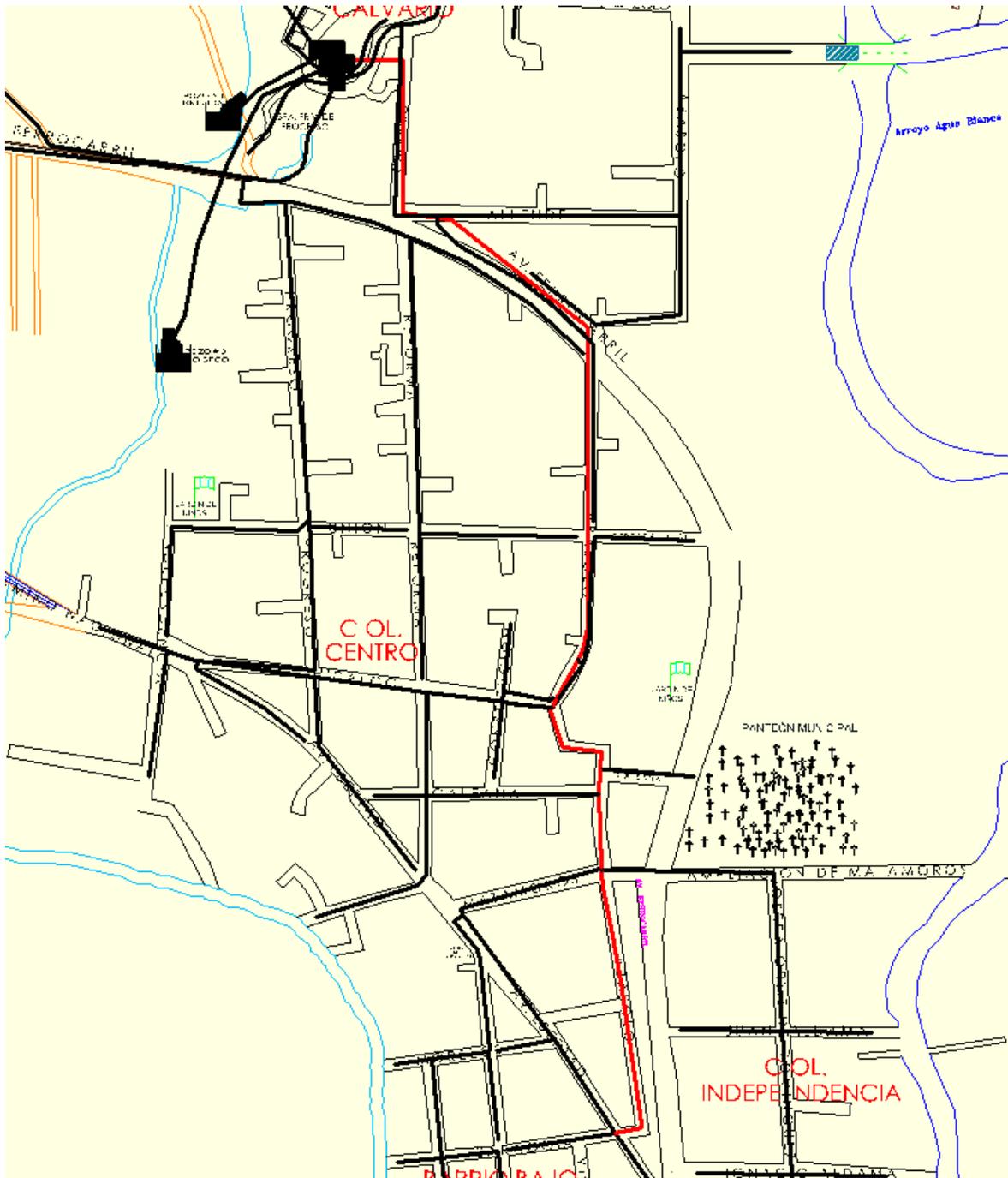
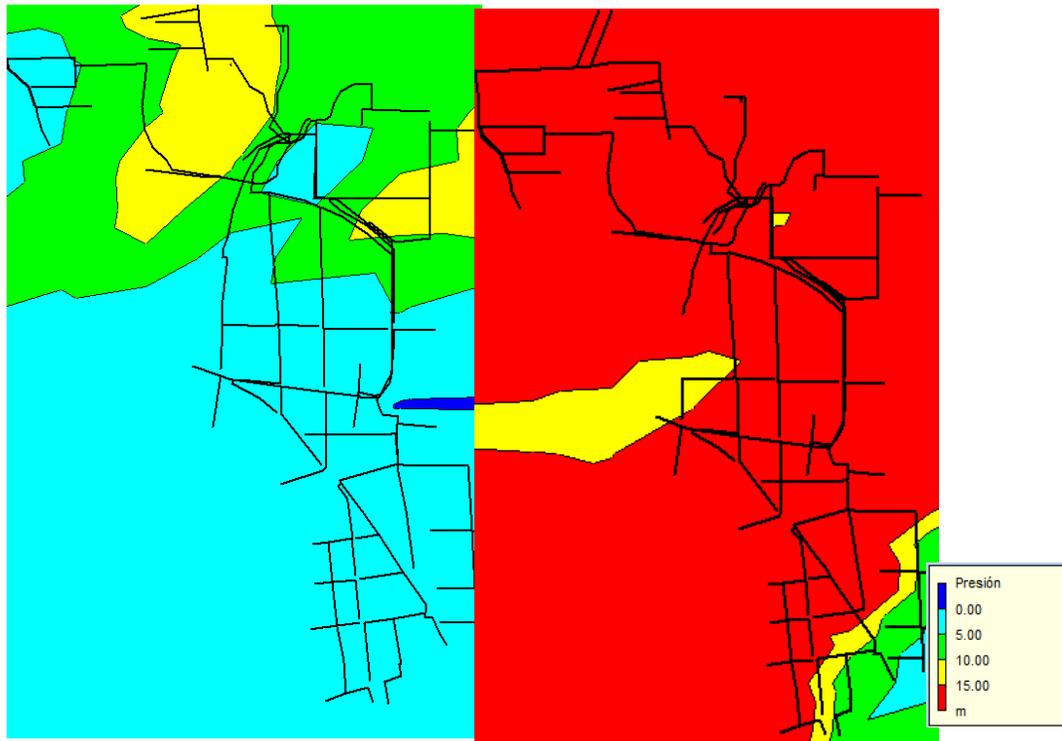


Figura 55. Tramo 4 (en color rojo) de tubería por sustituir.



**Figura 56. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo 4**

#### SECTORIZACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Con los cambios propuestos a la red de distribución, es posible incluso disponer de una red sectorizada. La configuración misma de la red y las presiones disponibles permiten aislar la red en cuatro sectores hidráulicos aislados uno de otro, ver Figura 57

Con la red sectorizada es posible disponer de un mejor control de las pérdidas de agua que existen en la red, ya que para cada sector se propone la instalación de 5 macro medidores con almacenamiento de datos y transmisión de datos. Con la información que arrojen estos equipos será posible conocer espacialmente la magnitud de las pérdidas que existen en la red y con ello será posible instrumentar programas de reducción de pérdidas en el sistema, lo que contribuye a mejorar la eficiencia física del sistema.

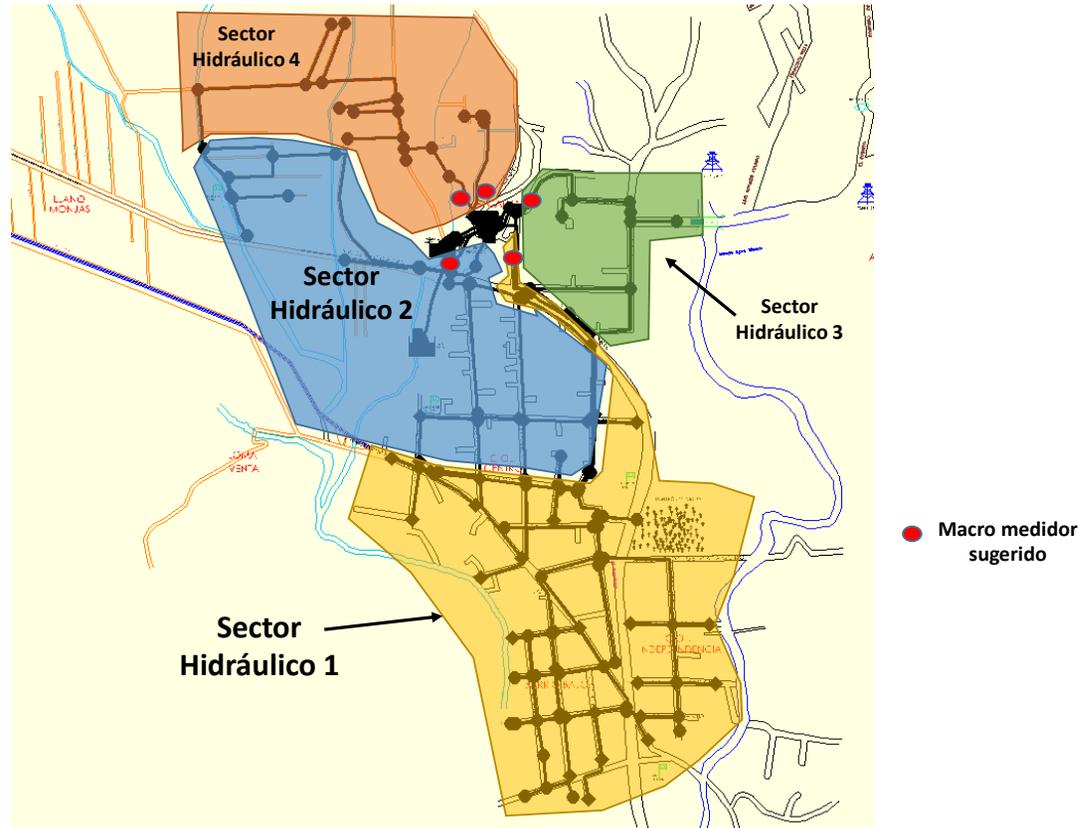


Figura 57. Sectores hidráulicos propuestos para San Francisco Telixtlahuaca

En la Tabla 40 se muestra la relación de los equipos de medición necesarios para la sectorización.

**Tabla 40. Propuesta de macro medidores electromagnéticos para los sectores hidráulicos sugeridos.**

<b>Sector Hidráulico</b>	<b>Número de medidores</b>	<b>Diámetro de Medidores (mm)</b>	<b>Tipo de medidor sugerido</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>150</b>	Electromagnético. IP 68. Alimentación con alimentación a base de corriente continua. Almacenamiento y transmisión de datos
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	Electromagnético. IP 68. Alimentación con alimentación a base de corriente continua. Almacenamiento y transmisión de datos
<b>3</b>	<b>1</b>		Electromagnético. IP 68. Alimentación con alimentación a base de corriente continua. Almacenamiento y transmisión de datos
<b>4</b>	<b>2</b>		Electromagnético. IP 68. Alimentación con alimentación a base de corriente continua. Almacenamiento y transmisión de datos

Dadas las presiones disponibles que arrojó el modelo, no se considera posible realizar un control de presiones en la red; sin embargo, el equipo de trabajo del PADHPOT continuará trabajando en este tema dada su importancia en la recuperación de caudales.

Los cambios sugeridos a la red de distribución tienen un impacto económico el cual se ha estimado en \$2, 570,385.00 pesos, ver Tabla 41

**Tabla 41. Propuesta de macro medidores electromagnéticos para los sectores hidráulicos sugeridos San Francisco Telixtlahuaca**

Monto estimado de Inversión					
Elemento	Acciones por ejecutar	Cantidad	PU	Inversión estimada	Beneficios esperados
Red de distribución	Colocación de 406 m de tubería de 50 mm	406	\$ 500	\$ 203,000	Mejorar el servicio y operación de agua potable
	Colocación de 1051 m de tubería de 75 mm	1051	\$ 500	\$ 525,500	Mejorar el servicio y operación de agua potable
	Colocación de 463.2 m de tubería de 100 mm	463.2	\$ 550	\$ 254,760	Mejorar el servicio y operación de agua potable
	Colocación de 1469.5 m de tubería de 150 mm	1469.5	\$ 750	\$ 1,102,125	Mejorar el servicio y operación de agua potable
	Adquisición de 60 válvulas de seccionamiento	60	\$ 6,000	\$ 360,000	Mejorar el servicio y operación de agua potable
	Adquisición e instalación de macro medidores para sectores hidráulicos	5	\$ 25,000	\$ 125,000	Disponer de medición de suministro y pérdidas de agua en la red de distribución
			<b>Total</b>	<b>\$ 2,570,385</b>	

## RESUMEN DE ACCIONES A EJECUTAR EN 2014

Las acciones antes descritas pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Colocación de 1469.5 m de tubería de 150 mm para el tramo 4 el cual contribuirá a abastecer de agua a las colonias más bajas de la cabecera. Esta obra tiene un mayor impacto, por lo que tiene mayor prioridad.
2. Colocación de 463.2 m de tubería de 100 mm para el tramo 3 el cual contribuirá a mejorar el abastecimiento de agua hacia el centro de la cabecera municipal. Esta obra tiene un impacto, por lo que adquiere una prioridad de 2
3. Colocación de 1051 m de tubería de 75 mm para el Tramo 2 el cual contribuirá a mejorar el abastecimiento de agua hacia las zonas más altas del centro de la cabecera. La prioridad que adquiere esta obra es de 3.
4. Colocación de 406 m de tubería de 50 mm para el Tramo 1 el cual contribuirá a mejorar el abastecimiento de agua hacia las zonas más altas del centro de la cabecera. La prioridad que adquiere esta obra es de 4.
5. Sectorizar la red de distribución permitiendo con ello un mayor control operativo de parámetros como el gasto y pérdidas de agua.





ZIMATLÁN DE ÁLVAREZ



## COORDINACIÓN DE ACTORES

Se llevó a cabo la presentación del programa, los resultados de las etapas anteriores y las estrategias generales a seguir a los colaboradores del presidente municipal y encargado de servicios municipales; con ello se obtuvo el visto bueno y su apoyo para realizar las actividades del programa.

## ACCIONES BÁSICAS

---

### INICIO DE LA DIFUSIÓN DEL PROGRAMA Y DE SU DESEMPEÑO

Se emitieron dos notas informativas en el Diario Noticias en las que se explicaban los objetivos del Programa, su duración, sus áreas y se dio cuenta del inicio de las actividades en Zimatlán de Álvarez y de la naturaleza de las mismas.

EJECUCIÓN DE UN PLAN DE ACCIONES BÁSICAS PARA LA MEJORA DE LOS SERVICIOS DE AGUA Y SANEAMIENTO

REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN DE REFERENCIA

La solicitud de información se realizó con las autoridades correspondientes mediante un oficio escrito que el personal del PADHPOT entregó en las oficinas del municipio. La Tabla 42 muestra el listado de la información que fue solicitada y la disponibilidad de la misma en las oficinas, la información no disponible se estimó o calculó durante las visitas de campo destinadas a la validación de la información.

**Tabla 42. Relación de información solicitada**

Área	Fuente de Información	Información a recopilar	Observaciones	Dato
General	Población	Población total		19,215 hab
		Población histórica	De los últimos tres censos y conteos nacionales	1995-16,311 hab 2000-16,801 hab 2005-18,370 hab
		Población con servicio de agua potable		3,380 tomas 13,520 hab
		Población con servicio de alcantarillado		No disponible
		Padrón de usuarios	Total de tomas registradas	Con y sin medidor
	Número de tomas domiciliarias	Con y sin medidor		
	Número de tomas comerciales	Con y sin medidor		
	Número de tomas Industriales	Con y sin medidor		
	Número de tomas con servicio continuo			
	Número de tomas por colonia	Domésticas y no domésticas		
	Número de tomas por clase socioeconómica	Clase popular, media y residencial		
	Número de tomas por ruta de lectura	Domésticas y no domésticas		
	Número de manómetros en el sistema			

	Relación y estudios de factibilidades	Cobertura de agua potable, drenaje, saneamiento y reúso	En porcentaje de área y de habitantes	No disponible
		Zonas de crecimiento de población	Colonias o fraccionamientos en proceso, con número de tomas	No disponible
	Oficinas gubernamentales	Índice de hacinamiento	Número de personas por vivienda o toma domiciliaria doméstica	No disponible
		Planos de traza de calles, colonias y nombres	Georeferenciado, con escala real e imagen satelital.	Google maps
<b>Técnica</b>	Estadísticas de producción y operación	Fuentes de abastecimiento		No disponible
		Número de Pozos		7
		Número de fuentes superficiales (galerías filtrantes, ríos, presas, etc.)		0
		Tanques de regulación		5
		Número, tipo y volumen de tanques de regulación		3 tanques superficiales 2 tanques elevados
		Volúmenes suministrados al sistema	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual generada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual tratada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Volumen de agua residual tratada reutilizada	Resumen mensual, mínimo dos años histórico	No disponible
		Costo operacional del sistema		No disponible
		Número de Macro medidores instalados en el sistema		7

		Número de Macro medidores instalados y funcionando en el sistema		5
		Características de los macro medidores instalados en puntos de suministro	Tipo, modelo, fecha de instalación y calibración, diámetro	No disponible
Archivos digitales y mapotecas	Planos de la red de agua potable	A escala real, georeferenciados, con diámetros, materiales, rugosidades y longitudes de tuberías, cotas topográficas en cruceros y tipos, ubicación de pozos, rebombes, tanques, válvulas; preferentemente en formato AutoCAD.	Última actualización en 1991	
	Planos de la red de drenaje, estudios y reportes de mantenimiento y proyectos existentes	A escala real, georeferenciados, con diámetros, materiales, rugosidades y longitudes de atarjeas, colectores y emisores, pozos de visita cotas topográficas en pozos de visita, ubicación de pozos, cárcamos; preferentemente en formato AutoCAD.	No disponible	
	Planos de perfiles de conducciones	Con indicaciones de cambio de diámetro y material, ubicación de válvulas, de aire y desfogue	No disponible	

		Planos de perfiles de emisores	Trayectoria, cotas, diámetro y punto de descarga	No disponible
		Planos de topografía	En planta, con curvas de nivel a cada 0.5 metros en terreno muy accidentado y a cada 2 metros en superficies planas. Preferentemente en Formato AutoCAD	No disponible
		Proyectos ejecutivos anteriores	Se pueden obtener datos adicionales de planos y mediciones	No disponible
		Planos de lotificación y predios	Preferentemente en formato AutoCAD	No disponible
		Croquis de detalle de fontanería	De rebombes, tren de descarga pozos, tanques de regulación; con simbología oficial CONAGUA	No disponible
		Estadísticas de ocurrencia históricas de fugas	Fugas registradas en un año histórico, ocurridas en tomas domiciliarias, tuberías, red y válvulas; reportadas y reparadas mensualmente, tipos de falla y tiempos de reparación.	No disponible
		Ocurrencia históricas de azolvamiento	Líneas de drenaje con mayo recurrencia de azolvamiento, mantenimiento e inundaciones	No disponible

<b>Comercial</b>	Facturación	Consumos de agua por tipo de usuario	Volúmenes mensuales históricos de un año, por tipo de usuario, por colonia, o rutas de colonias, para cuota fija y servicio medido	No disponible
		Volumen de agua facturado		No disponible
		Importe de agua facturado		No disponible
		Importe de agua recaudado		No disponible
	Políticas de facturación y cobro	Usuarios exentos de pago, usos públicos, escuelas, hoteles y usuarios con cuota fija, usos irregulares y clandestinos.	No disponible	
Estadísticas de mantenimiento	Características de micro medidores	Tipos y modelos de aparatos, coberturas geográficas, errores históricos, de exactitud, ocurrencia y tiempo de sustitución	Sin micro medidores instalados	
	Micro medidores instalados funcionando		No disponible	
<b>Operativa (energética)</b>	Facturación de energía eléctrica	Datos generales del suministro eléctrico	Nombre de la compañía eléctrica que proporciona el servicio, tensión, tarifa, tarifa por equipo de bombeo, historial mensual de facturación en un año, (demanda máxima, consumo en Kilowatts hora, factor de potencia) horarios de operación	No disponible

	Planos, inventario de equipos	Infraestructura mecánico - hidráulica	Bombas (Identificación, marca, tipo, modelo, material de carcasa, eficiencia de diseño); succión, (histórico de los niveles dinámico y estático del acuífero), características del tren de descarga, características de operación, condiciones de succión y descarga; destino de fluido bombeado y operación.	No disponible
	Mantenimiento	Bitácoras de mantenimiento. Programas Institucionales	Registro histórico y reciente de actividades, reparación a motores a bombas, registro de monitoreo de variables	No disponible
<b>Institucional</b>	Informes ejecutivos	Indicadores de gestión	Indicadores de eficiencia física	No disponible
		Planes maestros y de factibilidad	Programas proyectados, inversiones en el corto y largo plazo, proyectos de eficiencia en desarrollo, metas anualizadas.	No disponible
		Organigrama de la institución	Describir funciones, personal e interrelación con otras áreas	No disponible
		Programas interinstitucionales	Programas de eficiencia que se están con recursos aportados por	No disponible

			CONAGUA, entidades estatales y municipales	
<b>Calidad del agua</b>	Informes y archivos	Resultados de muestreos de calidad del agua		No disponible
		Información del 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.	No disponible

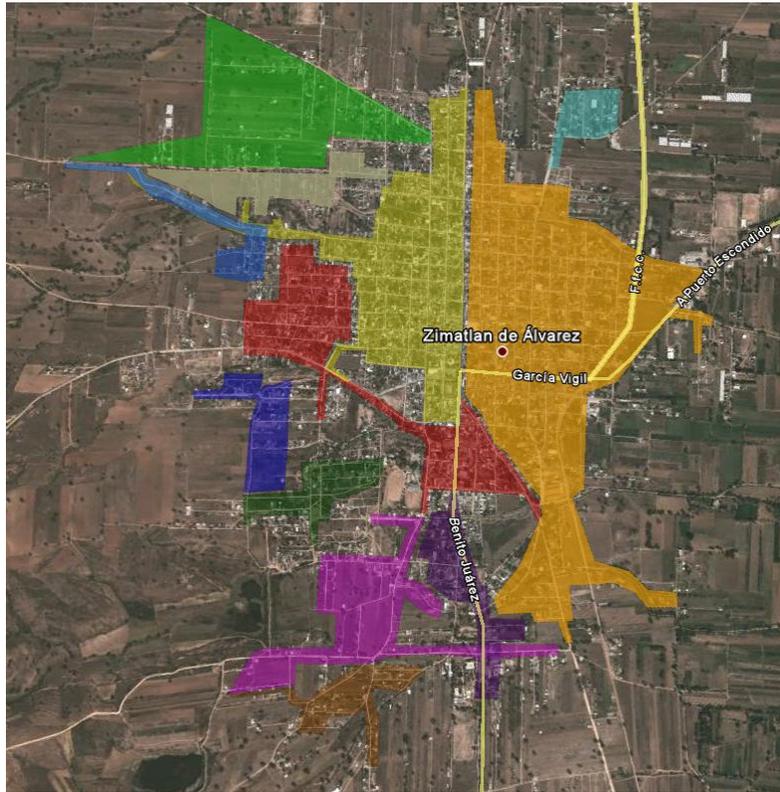
---

**ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN**  
**COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE**

La cobertura de agua potable se calculó con un análisis de áreas con servicio, la Tabla 43 muestra las características de área de las zonas con servicio. Las zonas se encuentran ilustradas en la figura, con estas fue posible realizar el cálculo de las áreas con coberturas reales verificadas durante las visitas de campo realizadas al municipio.

**Tabla 43. Zonas de servicio de agua potable**

	Zona	Color	Área		
			m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	%
<b>1</b>	La providencia	Verde	354349.52	0.35	7.39
<b>2</b>	Aldama	Gris	102704.95	0.10	2.14
<b>3</b>	Zimatlán zona alta	Amarillo	453937.95	0.45	9.47
<b>4</b>	Zimatlán zona baja	Anaranjado	895507.32	0.90	18.68
<b>5</b>	San Jose	Rojo	265016.26	0.27	5.53
<b>6</b>	El pajarito norte	Azul oscuro	79864.18	0.08	1.67
<b>7</b>	El pajarito sur	Verde oscuro	76015.44	0.08	1.59
<b>8</b>	San Jose Norte	Rosa	215804.70	0.22	4.50
<b>9</b>	San Jose Sur	Café	74684.81	0.07	1.56
<b>10</b>	Insurgentes	Morado	103655.88	0.10	2.16
<b>11</b>	El Anonal	Azul cielo	52526.97	0.05	1.10
	Total	Blanca	4793230.50	4.79	



**Figura 59. Zonas de servicio**

Con esta metodología se calculó que la cobertura de los servicios de agua potable es de 56%. También se han identificado ya las zonas que no cuentan con el servicio de agua potable.

#### *CAPTACIONES*

La cabecera municipal de Zimatán de Álvarez cuenta para el abastecimiento de agua potable con cinco pozos en condiciones de operación. Todos ellos de tipo profundo y con ubicaciones en zonas bajas del área que cubre la cabecera municipal.

<b>Pozo 1</b>	• Pozo profundo, con bomba sumergible instalada. Operando en buenas condiciones
<b>Pozo 2</b>	• Pozo profundo, con bomba sumergible instalada. Operando en buenas condiciones
<b>Pozo 3</b>	• Pozo profundo, con bomba sumergible instalada. Operando en buenas condiciones
<b>Pozo 5</b>	• Pozo profundo, con bomba sumergible instalada. Operando en buenas condiciones
<b>Pozo 7</b>	• Pozo profundo, con bomba sumergible instalada. Operando en buenas condiciones

#### Estado y tipo de pozos

#### Información técnica

Las principales características de los pozos y equipos electromecánicos fueron recopiladas durante las visitas de campo, no fue posible leer las placas de identificación de los equipos de bombeo para recopilar mayor información de los mismos y los pozos se encontraron completamente sellados por lo que no fue posible realizar la medición de los niveles estático y dinámico.

**Tabla 44. Características técnicas y localización de pozos**

Pozo	Tipo	Coordenadas			Bomba		
		E	N	Elevación	Tipo	Potencia hp	Alimentación v
<b>Pozo 1</b>	Profundo				Sumergible	5	220
<b>Pozo 2</b>	Profundo	736702	1866952	1440	Sumergible	5	220
<b>Pozo 3</b>	Profundo	736268	1865257	1518	Sumergible	5	220
<b>Pozo 5</b>	Profundo	738109	1867014	1508	Sumergible	50	440
<b>Pozo 7</b>	Profundo	738162	1864031	1490	Sumergible	25	440
<b>Rebombeo del tanque 1</b>		735185	1866420	1539	Sumergible	5	220

### Políticas de operación

La Tabla 45 describe la operación de los pozos en dos días ya que es el tiempo que tarda el sistema en dar agua a todos los usuarios. Las horas de extracción mostradas corresponden a un ciclo de operación y se calcula un gasto medio de 12.4 l/s, con una capacidad de extracción máxima de 31.5 l/s.

**Tabla 45. Políticas de operación de pozos**

Pozo	Horario por día de servicio		Horas	Volumen extraído	Extracción	Gasto medio
	1	2	h	m <sup>3</sup>	l/s	l/s
Pozo 1	0.25		0.62	10	4.5	0.06
Pozo 2	0.375		3.62	30	2.3	0.17
Pozo 3		7:00-13:00	6.00	64.8	3	0.38
Pozo 5	6:00 - 19:00	6:00 - 19:00	26.00	1310.4	14	7.58
Pozo 7	6:00 - 19:00	6:00 - 19:00	26.00	720.72	7.7	4.17
			Total	2135.92	31.5	12.36

### Cobertura de macro medición

Los trenes de descarga de los cinco pozos que actualmente operan cuentan con macro medidores de tipo hélice instalados y manómetros diferenciales que permiten la lectura de las presiones de descarga. Los medidores de flujo tienen error de sobre medición en un rango de 13% - 15% y los manómetros diferenciales tienen diferentes unidades en su carátula lo que dificulta la homogeneidad en las lecturas.

**Tabla 46. Instrumentación en pozos**

Pozo	Macro medidor		Manómetro	
	Instalado	Lectura	Instalado	Lectura mca*
Pozo 1	si	4.5	Si	6
Pozo 2	si	3.5	Si	15
Pozo 3	si	3.9	Si	92
Pozo 5	si	no opera	Si	78
Pozo 7	si	12.38	Si	80
Re bombeo del tanque 1	no		No	

\*mca. Metros de columna de agua

### Líneas de conducción

Las líneas de conducción en la cabecera municipal anteriormente eran líneas de distribución que fueron adaptadas para operar como líneas de conducción, el personal operativo desconoce el estado de las tomas que se encontraban conectadas a dichas líneas.

Las líneas de conducción carecen de mantenimiento lo que propicia la constante aparición de fugas, la falta de recurso disponible para el mantenimiento de los sistemas dificulta las reparaciones propiciando arreglos temporales.

#### *TANQUES DE REGULARIZACIÓN*

Existen cinco estructuras destinadas al almacenamiento y regulación de agua potable, dos de estas elevadas y el resto superficiales, todas se encuentran en condiciones de operación y resguardadas adecuadamente.

**Tabla 47. Características de los tanques**

Tanque	Tipo	Material	Capacidad
			m <sup>3</sup>
1	Elevado	Concreto	10
2	Elevado	Concreto	30
1	Superficial	Mampostería	300
2	Superficial	Mampostería	450
3	Superficial	Mampostería	100

**Tabla 48. Coordenadas de localización de los tanques**

Tanque	Coordenadas			Altura
	E	N	Elevación	
1	735090	1865762	1544	12
2	736689	1866937	1520	10
1	735185	1866420	1540	n/a
2	734605	1867192	1550	n/a
3	734890	1865044	1529	n/a

La falta de mantenimiento es evidente en dos de estas estructuras, uno de los tanques elevados tiene la escalera de acceso oxidada y demasiado alta para que el personal encargado de la operación pueda subir de manera segura y uno de los tanques superficiales requiere limpieza, ya que el agua que llega al mismo tiene sedimento en suspensión que se deposita en el fondo formando una capa de lodo.



**Figura 60. Tanques de regulación elevados**



**Figura 61. Tanques superficiales**

#### *Red de distribución y balance hidráulico*

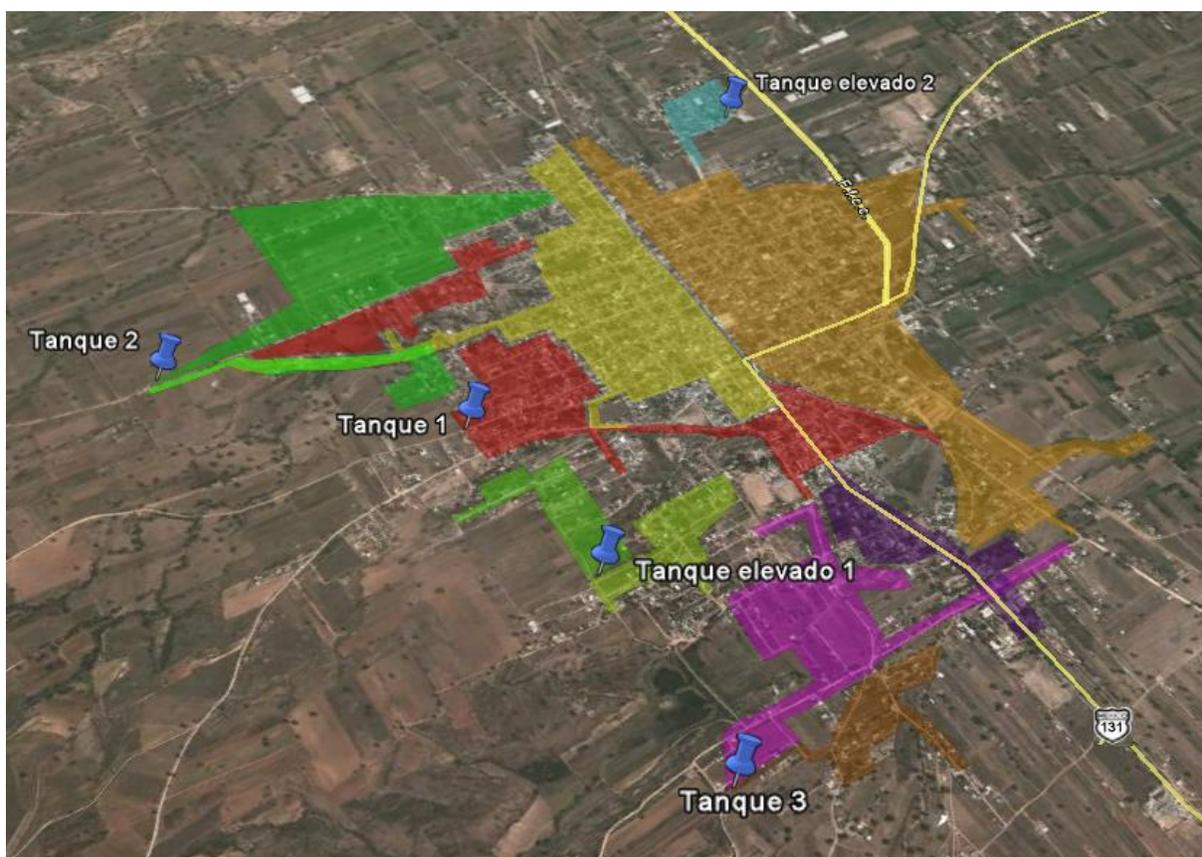
Actualmente sólo cuatro de los siete pozos con los que cuenta el municipio se destinan para la distribución de agua potable por la red y uno al llenado de tanques cisterna para abasto de escuelas, hospitales, oficinas gubernamentales y el mercado.

Los pozos aportan un gasto medio de 12.3 l/s a la cabecera municipal adicional a esto se extrae agua del pozo 1 para el llenado de 4 tanques cisterna (pipa) de 10,000 litros por día.

Los pozos 3 y 7 envían agua a través de una línea de conducción para el llenado de los depósitos 3 y 1 respectivamente, mediante el manejo de válvulas es posible que ambos pozos conduzcan agua al mismo depósito. Se encuentra instalada una línea de re-bombeo que conduce agua del depósito 1 para el llenado del tanque elevado 1; el pozo 2 abastece al tanque elevado 2 y, por último, el pozo 5 conduce agua al depósito 2. La distribución a la red de abastecimiento se realiza por gravedad.

La cabecera municipal se divide para su abasto en once zonas de servicio, cada una recibe agua aproximadamente durante 3 horas y cada tercer día. Las zonas abastecidas con el tanque elevado 1 reciben el servicio cada sexto día ya que el llenado del tanque se realiza mediante un re bombeo desde el tanque superficial 1 cada tercer día. Las dos zonas de mayor tamaño que corresponden a la parte

central de la cabecera municipal se abastecen mediante la operación conjunta de los tanques superficiales 1 y 2.



**Figura 62. Zonas de servicio**

La excesiva cantidad de zonas de servicio dificulta la operación del sistema, aunque de acuerdo con los operadores es la mejor manera de manejarlo y tener una distribución equitativa. En la cabecera municipal se identificó la presencia de pipas privadas que la población utiliza para completar sus dotaciones mensuales de agua.

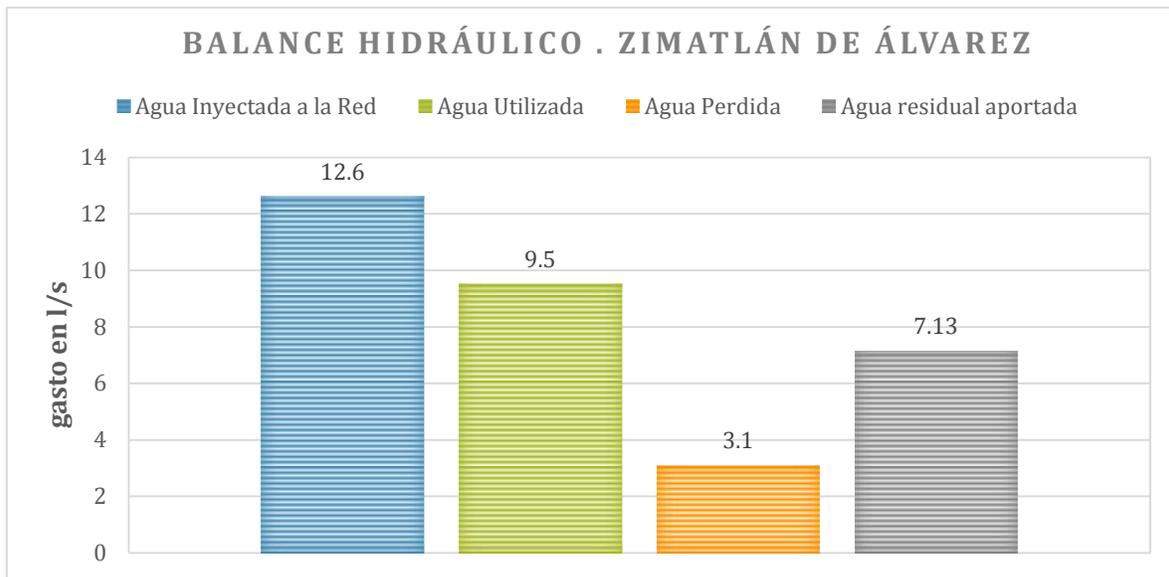
**Tabla 49. Horarios de abastecimiento**

Zona	Color	Día de servicio y horario				
		1		2		
1	La providencia	Verde	01:00:00 p. m.	02:30:00 p. m.		
2	Aldama	Gris	06:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.		
3	Zimatlán zona alta	Amarillo	06:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.		
4	Zimatlán zona baja	Anaranjado			06:00:00 a. m.	09:00:00 a. m.
5	San José	Rojo			02:00:00 p. m.	04:30:00 p. m.
6	El pajarito norte	Azul oscuro			02:30:00 p. m.	05:00:00 p. m.
7	El pajarito sur	Verde oscuro			02:30:00 p. m.	05:00:00 p. m.
8	San José Norte	Rosa	10:00:00 a. m.	01:00:00 p. m.		
9	San José Sur	Café			10:00:00 a. m.	01:00:00 p. m.
10	Insurgentes	Morado			02:00:00 p. m.	04:30:00 p. m.
11	El Anonal	Azul cielo	10:00:00 a. m.	01:00:00 p. m.		

El balance general del sistema de la cabecera municipal, mostrado en la Tabla 50, refleja un 24% de pérdidas en la red de distribución, considerando que el gasto medio en el drenaje sea el 75% del consumo, porcentaje recomendado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

**Tabla 50. Balance general**

Sistema de entrega	Q medio	Consumo	Drenaje	Perdidas
	l/s	l/s	l/s	l/s
Red de distribución	12.36	9.5	7.13	2.86



**Figura 63 Balance general en la cabecera del municipio Zimatlán de Álvarez**

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

La eficiencia física es el resultado de la operación:

$$\eta_{física} = \frac{Vol_{consumido}}{Vol_{suministrado}} * 100$$

Donde el resultado expresado en porcentaje refleja la capacidad del organismo operador de llevar agua desde las fuentes de abastecimiento hasta los usuarios.

Para el caso de Zimatlán de Álvarez el valor de la eficiencia física es del 75%, lo que indica que del total de agua producida el organismo entrega más de la mitad directamente en las tomas de los usuarios.

**COBERTURA DEL SERVICIO DE ALCANTARILLADO**

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. Con información recopilada durante las visitas de campo se realizó el trazo de un croquis de trayectorias de la red de alcantarillado. Con la información actual se estima que la cobertura de la red de drenaje sanitario es del 71%.



---

## FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES PARA LA MEDICIÓN Y MONITOREO DE CONSUMOS

---

### MACRO MEDICIÓN

Para la macro medición se están sugiriendo los siguientes equipos:

- Instalación de macro medidores de tipo electromagnéticos en tren de descarga de las fuentes de abastecimiento de 100 mm de diámetro, con radio transmisor remoto y data logger incluido y grado de protección IP68.
- Instalación de macro medidores de tipo electromagnéticos en salida de los tanques de regulación de 100 mm de diámetro, con radio transmisor remoto y data logger incluido y grado de protección IP68.

---

### MICRO MEDICIÓN

Para la micro medición se recomiendan los siguientes equipos:

- Instalación de 1500 micro medidores de 13 mm en tomas domiciliarias. Se sugiere colocar medidores de tipo volumétrico con data logger incluido y grado de protección IP68.

**Tabla 51. Resumen de las cantidades de medidores a sustituir en el municipio de Ocotlán de Morelos**

<b>Municipio</b>	<b>Tipo de medidor</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Diámetro mm</b>
<b>Zimatlán de Álvarez</b>	Macro medidores	10	100
	Micro medidores	1,500	13

---

## PROPUESTA DE ACCIONES DE PROTECCIÓN Y RESGUARDO DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Ejecución de programa de rehabilitación, conservación y protección a elementos del sistema de abastecimiento de agua: fuentes de abastecimiento y tanques de regularización.

- Cercar el área de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación en la zona inmediata.
- Evitar disponer basuras y contaminantes en el sitio de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación.
- Evitar encharcamientos cerca de las fuentes de abastecimiento y estructuras de regulación.
- No permitir el aseo personal, ni el lavado de utensilios, ropa, ni animales por que pueden ser una fuente de contaminación de esta infraestructura.
- Pintar la tubería del tren de descarga, salidas de los tanques de regulación
- Realizar limpieza y recolección de basura en el lugar donde se encuentran las fuentes de abastecimiento y tanques de regulación.
- Sustituir 500 m de tubería de 25 mm a tubería de PEAD de 75 mm.
- Sustituir 800 metros de tubería de acero de 100 mm a tubería PEAD de 150 mm.
- Sustituir 100 metros de tubería de acero de 50 mm a tubería PEAD de 75 mm.
- Construir 40 cajas de válvulas.
- Adquirir 140 válvulas de seccionamiento.
- Ampliar el sistema de 2500 m de red de agua potable de 75 mm polietileno de alta densidad (PEAD)
- Implementar un programa de sustitución de equipos electromecánicos de baja eficiencia por equipos de alta eficiencia, rehabilitación de ademe y demás elementos mecánicos de las fuentes de abastecimiento así como trenes de descarga.

---

Elaboración del estudio de sustitución, rehabilitación, y/o ampliación de redes de agua potable y drenaje, rehabilitación y/o construcción de tanques de regulación y líneas de conducción considerando en todos los casos sectorización y control de presiones

---

#### ANÁLISIS HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

La simulación hidráulica se efectuó con el software informático EPANET, el cual es un software informático de la USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), organización creada en 1970 en EE.UU. y encargada de velar por los recursos naturales a nivel mundial.

Este programa de dominio público permite calcular complejas redes de abastecimiento desde un punto de vista hidráulico y de calidad, ofreciendo una rápida capacidad de reacción así como una previsión del comportamiento del sistema de ayuda en la toma de decisiones.

EPANET es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodos prolongados del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión.

Una red puede estar constituida por tuberías, nudos (uniones entre tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. Efectúa un seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos y los niveles en los depósitos.

#### *METODOLOGÍA SEGUIDA*

Para la realización del presente estudio se recurrió a visitas de campo para recopilar y validar información para la elaboración de un modelo de simulación hidráulica que reflejara el comportamiento actual del sistema y con base en sus resultados, proponer mejoras que hagan posible que el agua llegue a las zonas más alejadas y altas del municipio.

#### *LEVANTAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA*

Para la realización de un modelo hidráulico se partió de un plano de la red de agua actualizado, dicho plano no existía, por lo que parte de los trabajos en este municipio consistieron en hacer un levantamiento de la red de agua que abastece al centro de la cabecera municipal de tal manera que pudiera generarse un plano actualizado, georeferenciado y escalado, ver Figura 65



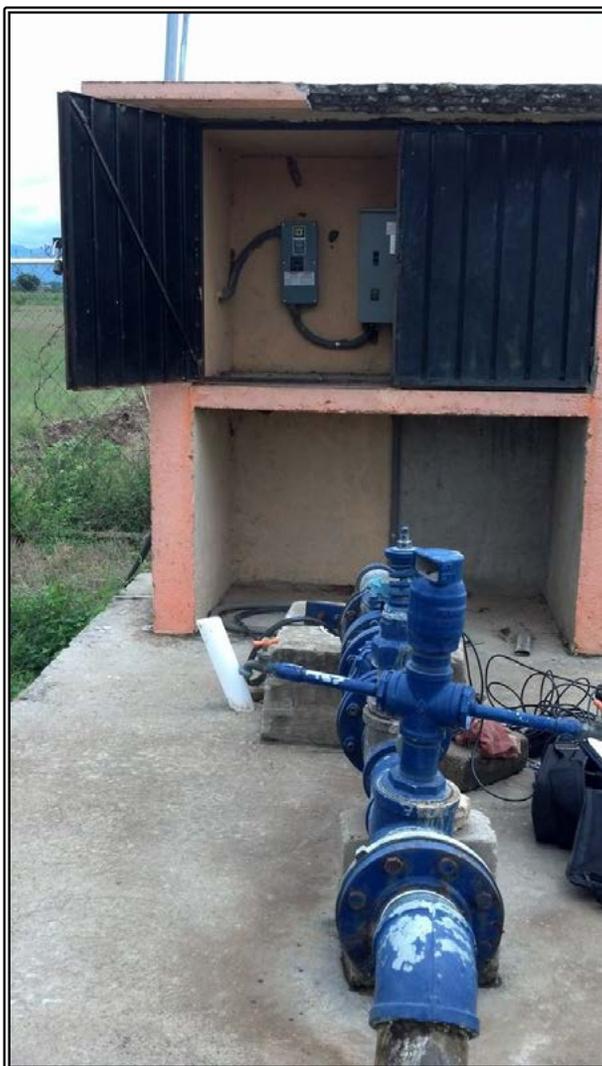
**Figura 65 Trabajos de levantamiento de la red de distribución de agua potable Zimatlán de Álvarez**

Como resultado de los trabajos de campo y de análisis fue posible disponer de la siguiente información, ver Tabla 52:

**Tabla 52. Información recopilada producto de los trabajos de campo realizados en el municipio de Zimatlán de Álvarez**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>INFORMACIÓN RECOPIADA PARA LA ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO DE LA RED (EPANET)</b>
<b>NODOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevación mediante el uso de un GPS</li> <li>• Estimación de la demanda y fugas en el sistema (Balance Hidráulico)</li> <li>• Ubicación geográfica de los distintos elementos: pozos, tanques, cruceros, etc.</li> <li>• Padrón de usuarios actualizado del municipio con el cual fue posible estimar la demanda</li> </ul>
<b>TUBERIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diámetro</li> <li>• Longitud</li> <li>• Rugosidad</li> <li>• Trayectoria</li> </ul>
<b>VÁLVULAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de función</li> <li>• Estado: abierta o cerrada</li> </ul>
<b>TANQUES DE REGULACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de regulación</li> <li>• Niveles de agua: mínimo, máximo y nivel de operación</li> <li>• Elevación solera</li> <li>• Ubicación Geográfica</li> </ul>
<b>BOMBAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de curva característica utilizando el software EPANET</li> <li>• Potencia, gasto, alimentación eléctrica, eficiencia, factor de potencia</li> <li>• Estimación de carga de bombeo</li> <li>• Ubicación geográfica</li> </ul>

Las mediciones en las fuentes de abastecimiento sugieren una dotación de 140 l/habitante/día, es decir, que en el trayecto fuente de abastecimiento – toma, se pierden 90 litros/habitante/día, ver Figura 66.



**Figura 66 Vista General de unos de los pozos existente en Zimatlán de Álvarez**

La demanda de agua se calculó a partir de la dotación estimada y con base al padrón de usuarios disponible el cual consta de 180,000 usuarios. El balance hidráulico elaborado sirvió de base para la alimentación del modelo ya que mostró el caudal que debía ingresarse a los nodos de consumo y cual el caudal que, se estima, se pierde en fugas en la red. Debido a que el servicio no es continuo, y al poco tiempo con registros de medición de consumos, aún no ha sido posible la generación de una curva de demanda que sirva de base para una modelación dinámica, por lo que el modelo generado es una modelación estática.

## *RECOPIACIÓN Y VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN*

Toda la información recopilada y medida fue validada con personal de operación del Ayuntamiento.



**Figura 67. Proceso de validación de la información con personal del H. Ayuntamiento**



**Figura 68. Plano de distribución, del municipio de Zimatlán de Álvarez, Oaxaca**

## *EVALUACIÓN DE REHABILITACIÓN Y/O SUSTITUCIÓN DE LA RED ACTUAL DE AGUA POTABLE*

Durante los recorridos de campo se hizo evidente la necesidad de proponer acciones que mejoren sustancialmente el servicio. Uno de los principales problemas que se observó para el caso de la red de Zimatlán de Álvarez, es que los medidores de flujo de los pozos tienen error de sobre medición en un rango de 15% - 13% y los manómetros diferenciales tienen diferentes unidades en su carátula lo que dificulta la homogeneidad en las lecturas.

Adicionalmente, las líneas de conducción en la cabecera municipal anteriormente eran líneas de distribución que fueron adaptadas para operar como líneas de conducción, el personal operativo desconoce el estado de las tomas que se encontraban conectadas a dichas líneas.

Las líneas de conducción carecen de mantenimiento lo que propicia la constante aparición de fugas, la falta de recurso disponible para el mantenimiento de los sistemas dificulta las reparaciones propiciando arreglos temporales.

Por otro lado, actualmente sólo cuatro de los siete pozos con los que cuenta el municipio se destinan a la explotación para distribución de agua potable por la red y uno al llenado de tanques cisterna para abasto de escuelas, hospitales, oficinas gubernamentales y el mercado.

La cabecera municipal se divide para su abasto en once zonas de servicio, cada zona recibe agua aproximadamente durante 3 horas y cada tercer día. Las zonas abastecidas con el tanque elevado 1 reciben el servicio cada sexto día ya que el llenado del tanque se realiza mediante un re bombeo desde el tanque superficial 1 cada tercer día. Las dos zonas de mayor tamaño que corresponden a la parte central de la cabecera municipal se abastecen mediante la operación conjunta de los tanques superficiales 1 y 2.

También se halló, la excesiva cantidad de zonas de servicio dificulta la operación del sistema, aunque de acuerdo con los operadores es la mejor manera de manejarlo y tener una distribución equitativa. En la cabecera municipal se identificó la presencia de pipas privadas que la población utiliza para completar sus dotaciones mensuales de agua.

En el municipio de Zimatlán de Álvarez 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. Con la información recopilada durante las visitas de campo se realizó el trazo de un croquis de trayectorias de la red de alcantarillado. Con la información actual se estima que la cobertura de la red de drenaje sanitario es del 71%.

**Tabla 53. Gasto medio del municipio**

POZO	Q MEDIO	HORAS DE SERVICIO	VOLUMEN ENTREGADO	ALTITUD	COORDENADAS	
	l/s	h	m3	msnm	E	N
<b>Pozo 1</b>	0.1	0.65	0.14		735185	1866420
<b>Pozo 2</b>	0.2	3.62	2.26	1440	736702	1866952
<b>Pozo 3</b>	0.4	6	8.1	1518	736268	1865257
<b>Sumatoria volumen entregado</b>		Total	1110.69			
		<b>Qmedio</b>	<b>13</b>			

**Tabla 54. Características de equipos electromecánicos**

POZO	Potencia de Motor	Carga de bombeo	Alimentación [v]	Tipo de bomba
	Hp	mca*		
<b>Pozo 1</b>	5	6	220	sumergible
<b>Pozo 2</b>	5	15	220	sumergible
<b>Pozo 3</b>	5	92	220	sumergible

\*metros de columna de agua

**Tabla 55. Tanques de regulación**

Tanque	Tipo	Material	Capacidad	Altura	Se llena con	Condición
			m3			
<b>1</b>	Elevado	Concreto	10	12	Rebombeo del tanque 1	Operando
<b>2</b>	Elevado	Concreto	30	10	Pozo 2	Operando
<b>1</b>	Superficial	Mamposteria	300	n/a	Pozo 7	Operando
<b>2</b>	Superficial	Mamposteria	450	n/a	Pozo 5	Operando
<b>3</b>	Superficial	Mamposteria	100	n/a	Pozo 3	Operando

Tabla 56. Horario de bombeo de los pozos

POZO	Horario por día de servicio		Horas	Volumen extraído	Extracción	Gasto medio
	1	2				
Pozo 1	0.25		0.62	10	4.5	0.06
Pozo 2	0.375		3.62	30	2.3	0.17
Pozo 3		7:00-13:00	6	64.8	3	0.38

*ELABORACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA*

En esta etapa se parte de una red sencilla, la cual representa el esquema de abastecimiento de agua potable de población que cuenta con 180000 habitantes, que consume un caudal medio aproximado de 13 l/s y está conformada por 190 nodos y 2466 líneas, cuya distribución se puede observar en la Figura 69

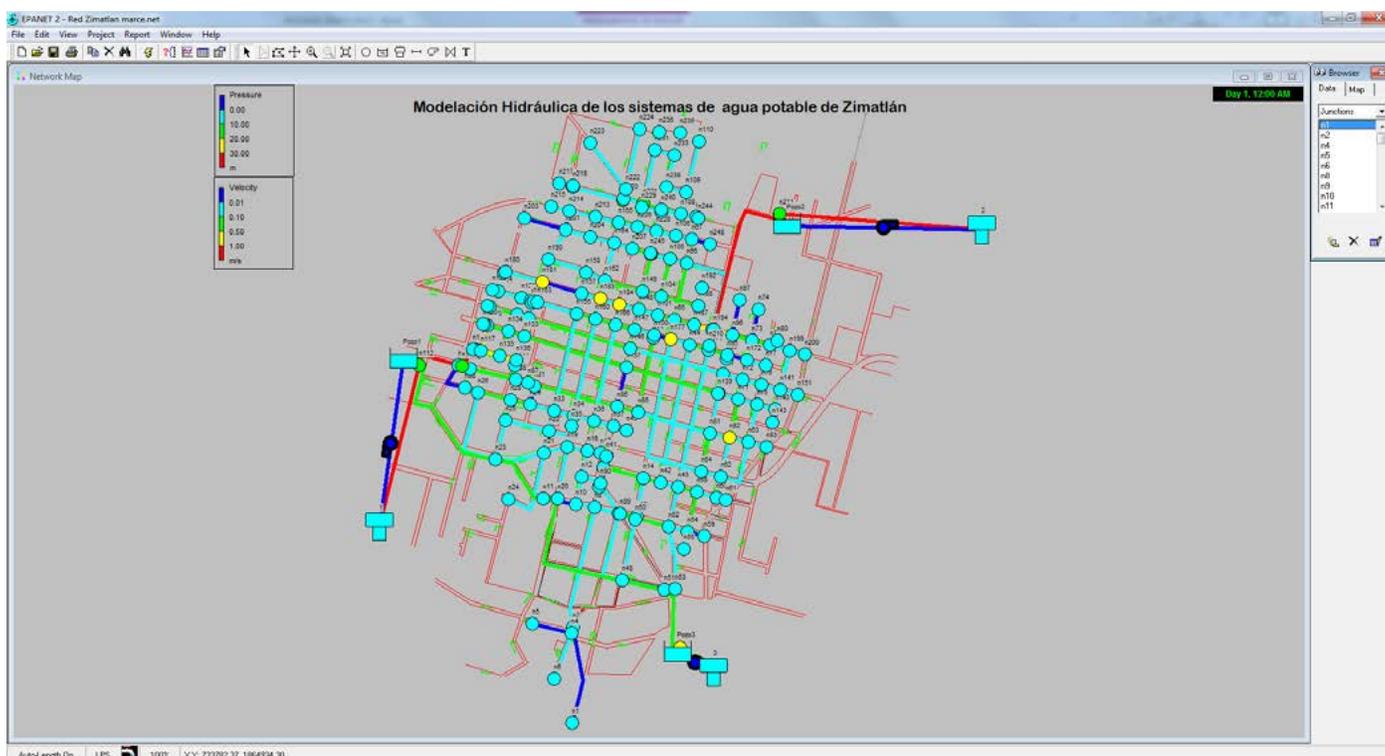


Figura 69. Esquema de la red de abastecimiento de agua Zimatlán de Álvarez

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS HIDRÁULICO

A partir de los datos que caracterizan la red que se expone se puede crear el fichero de datos de entrada para que EPANET calcule la red. Por lo que fue necesario que los siguientes datos estuvieran especificados:

Depósito:

- cota a la que está situado (m)

Nudos de consumo:

- cota del nudo (m)
- caudal consumido (l/s)
- caudal fugado (l/s y coeficiente de emisor de 0.5)

Líneas o tuberías:

- nudos inicial y final de la línea
- longitud de la tubería (m)
- diámetro de la tubería (mm)
- rugosidad de la tubería (mm)

En los Anexos a este informe se presenta el fichero de datos de entrada utilizado, en el cual se detallan las características de cada elemento que compone la red. Tras introducir los mencionados datos en el programa y simularlo, se obtuvieron los resultados que se exponen a continuación.

Una vez introducidos los datos y dibujado el esquema de la red en EPANET, se procedió a simular el comportamiento actual de la red bajo un esquema estático, es decir, en un solo periodo del día.

Se introducen los datos en el programa y se corrió, asumiendo un coeficiente de emisor de 0.5. Las fugas han sido simuladas y cuantificadas en los nudos como un caudal adicional al consumo. En la ecuación que evalúa el gasto de fuga antes citada, se tomó el valor medio de  $x=0.5$ .

En la Figura 70 se puede observar un mapa de iso presiones para el sistema de agua potable de Zimatlán de Álvarez. Como resultado de esta modelación, resulta evidente que en las zonas bajas se presentan presiones menores a los 5 metros de columna de agua, lo cual impide que el líquido en estas zonas llegue a las azoteas o al segundo nivel de una casa.

El comportamiento de las presiones en la zona cercana a los tanques de regulación muestra valores menores a los 10 metros de columna de agua y comienza a decrecer a partir del centro de la cabecera

hacia el acceso principal del municipio en el cual el líquido no llega o lo hace con demasiada irregularidad.

En cuanto a las velocidades en las tuberías de la red de Zimatlán de Álvarez, se obtienen valores por arriba de 1 m/s principalmente en las líneas de conducción del pozo al tanque de regulación y menores a los 0.1 m/s en los puntos más alejados de los tanques de regulación, lo cual pone en evidencia que estas son las zonas del municipio que disponen de un servicio de agua con mayor irregularidad, ver Figura 70

Lo anteriores valores obtenidos de la modelación podrían ser ajustados para aquellos puntos de presión que se encuentren por debajo de 0.3 m/s. Para que sea acorde a lo recomendado por CONAGUA que indica que para tuberías de PVC se deben considerar una velocidad máximo de 5 m/s y mínima de 0.3 m/s<sup>6</sup>.

#### PROPUESTAS DE MEJORA AL SISTEMA DE AGUA POTABLE

Con base en los resultados obtenidos en la modelación, pueden proponerse acciones en el sistema que busque mejorar el servicio de forma considerable. Las mejoras propuestas mediante el software deben ser complementadas con otras acciones que de igual forma contribuyan a mejorar la eficiencia del sistema y servicio. Entre las acciones complementarias se propone la ampliación de volumen y altura del tanque 2, así como el cambio de las tuberías de conducción de los tanques a la red.

#### SITUACIÓN ACTUAL Y AMPLIACIÓN DE LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

Con base en los resultados del modelo hidráulico, es posible sugerir cambios que intentan mejorar de manera gradual la distribución del agua hacia la población. Las acciones propuestas se plantearon siguiendo el criterio de llevar agua a presión y cantidad suficiente a las zonas que actualmente carecen del servicio.

La propuesta de mejora del servicio contempla la sustitución de 2,109 metros de tuberías con diámetro actual de 75 mm (que funcionaban como líneas de conducción) a tuberías de diámetros de no más de 100 mm. En todos los casos se sugirió como material de las tuberías propuestas el polietileno de alta densidad (PEAD), por su baja rugosidad y resistencia a altas presiones así como fácil instalación. En la Tabla 57 se resume la longitud de tubería que es necesaria sustituir por diámetros mayores.

---

<sup>6</sup> Tabla 2.4. Velocidades máxima y mínima permisibles en tuberías - Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CONAGUA

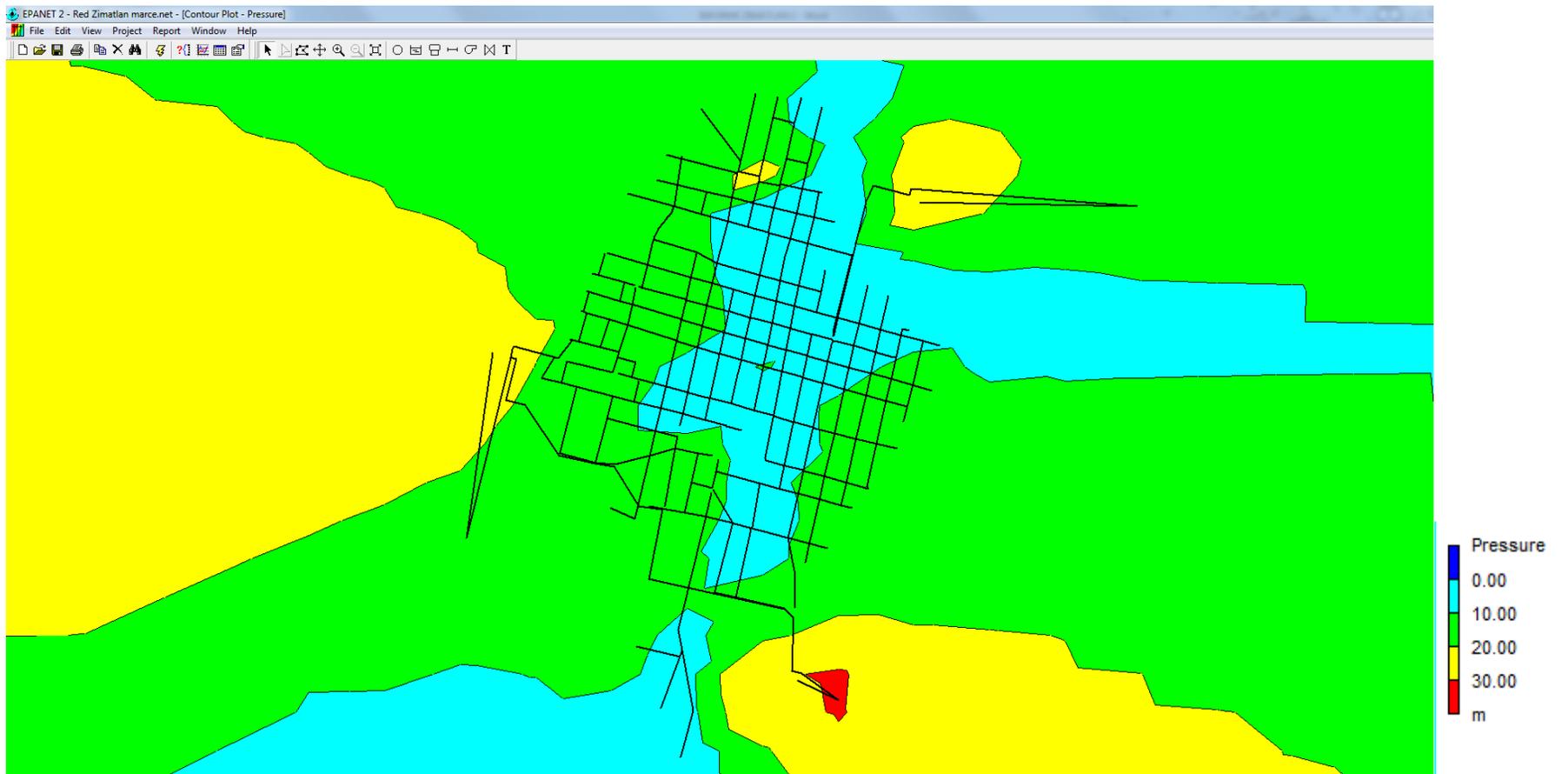


Figura 70. Mapa de iso presiones en el sistema de agua potable de Zimatlán de Álvarez.

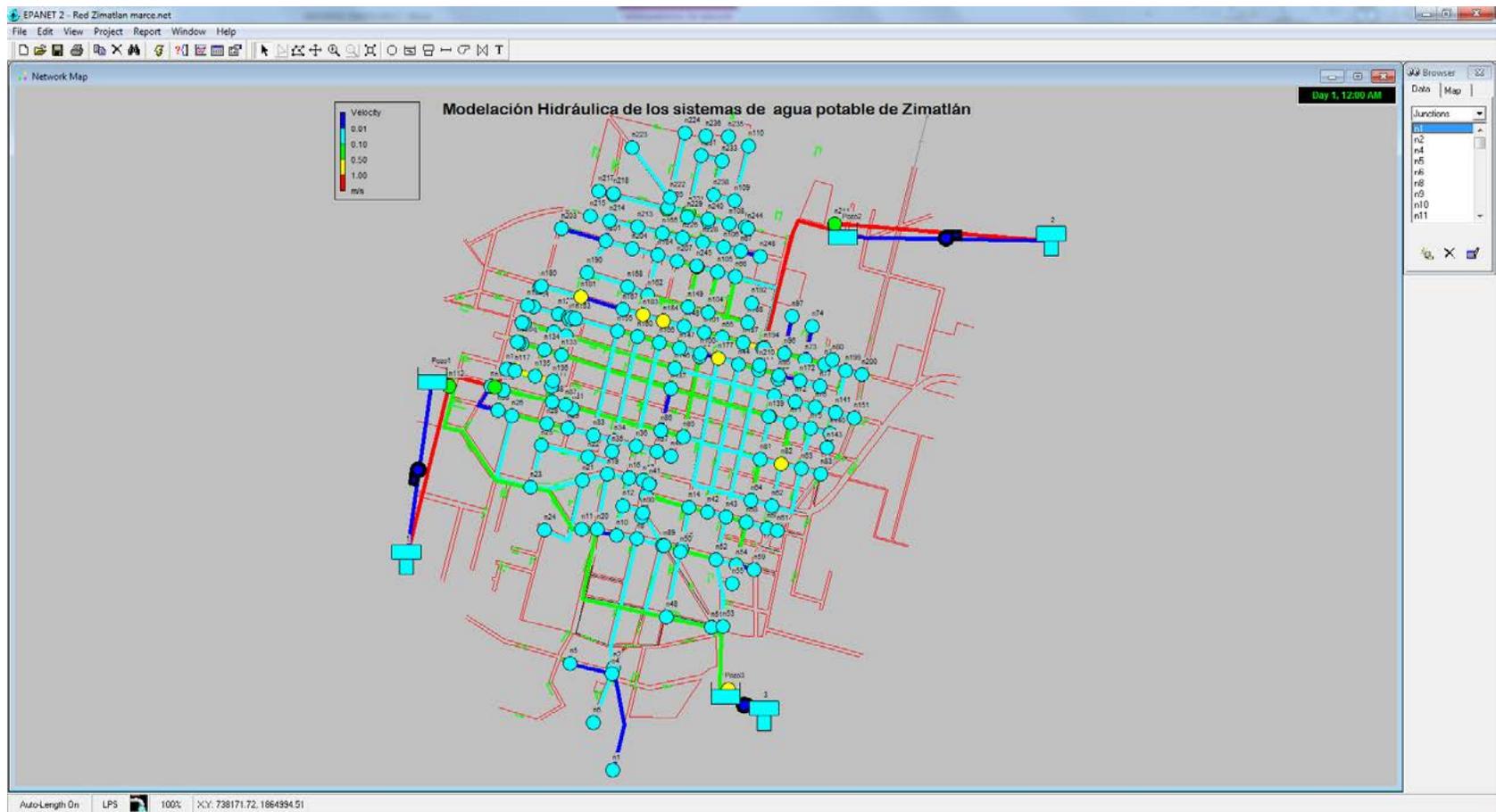


Figura 71. Velocidades calculadas a partir del modelo matemático elaborado.

**Tabla 57. Longitud de tuberías que resultan necesarias sustituir en Zimatlán de Álvarez**

<b>Diámetro actual por sustituir en mm</b>			
	75	75	75
<b>Longitud en m</b>	804	645	660
<b>Longitud total en m</b>	2109		

En la Tabla 58 se muestra los diámetros por sustituir en la red.

**Tabla 58. Diámetros por sustituir en la red Zimatlán de Álvarez**

<b>Tramo 1. Sustitución de tuberías de 75 mm a 100 mm</b>		
<b>ID línea en modelo</b>	<b>diámetro actual (mm)</b>	<b>diámetro propuesto (mm)</b>
<b>11</b>	75	100
<b>12</b>	75	100
<b>P205</b>	75	100

Con la sustitución de la tubería correspondiente que en la se muestra en la Figura 72, se logran aumentar las presiones de menos de 5 metros de columna de agua a poco más de 20 metros de columna de agua, la cual es una presión que permite que el líquido llegue a más de un segundo nivel de una casa.

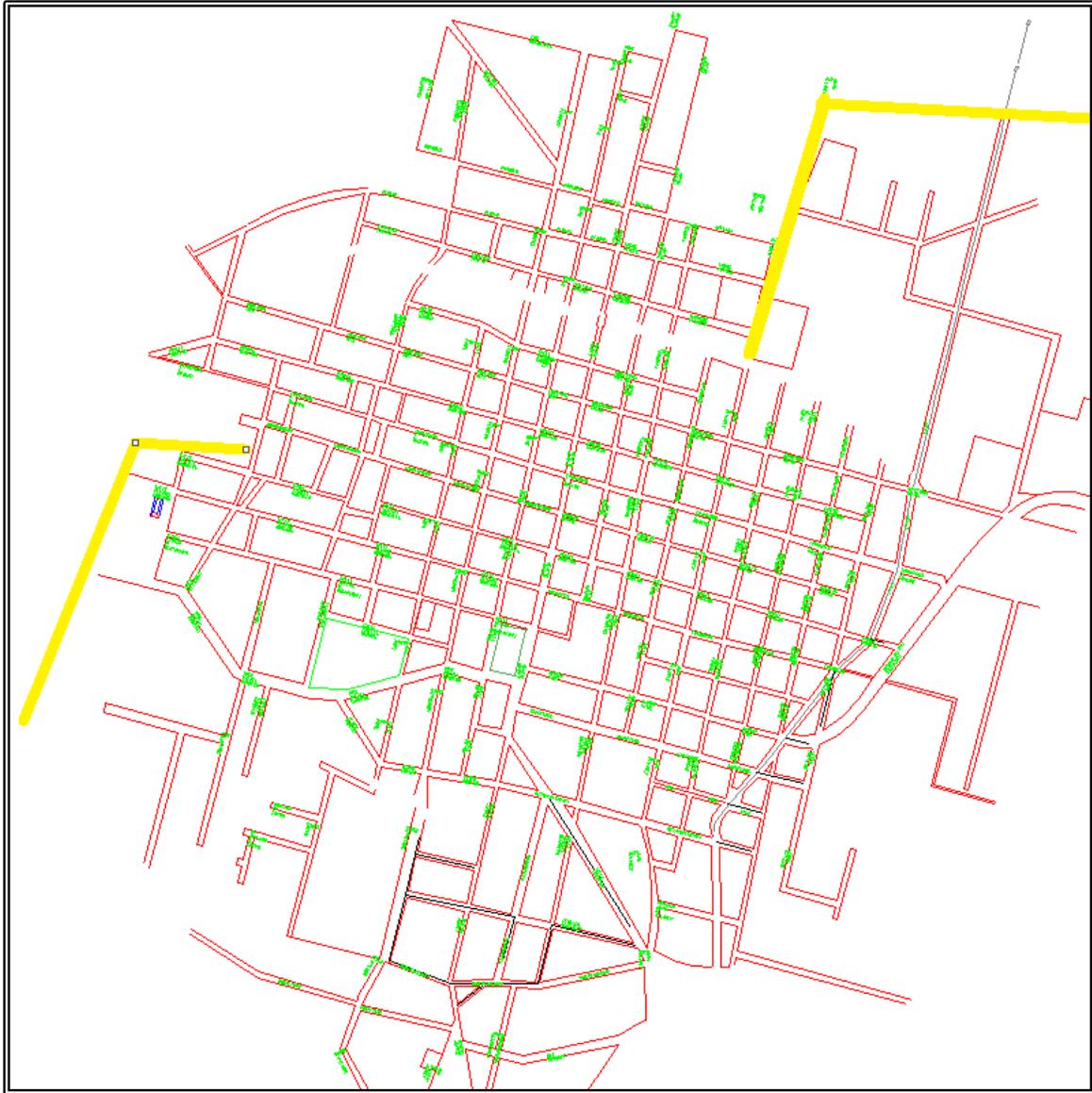
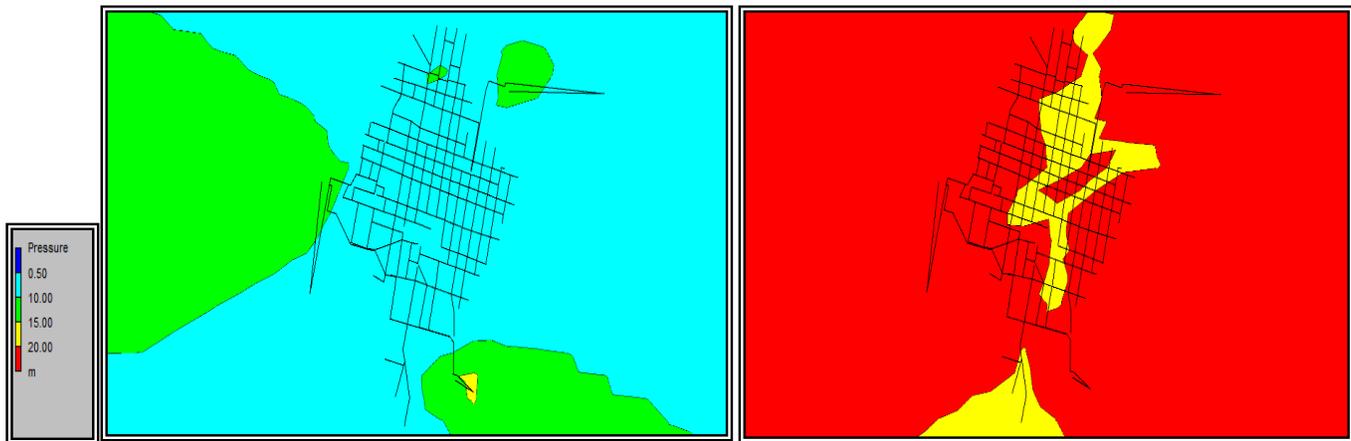


Figura 72. Tramo (en color amarillo) de tubería por sustituir.



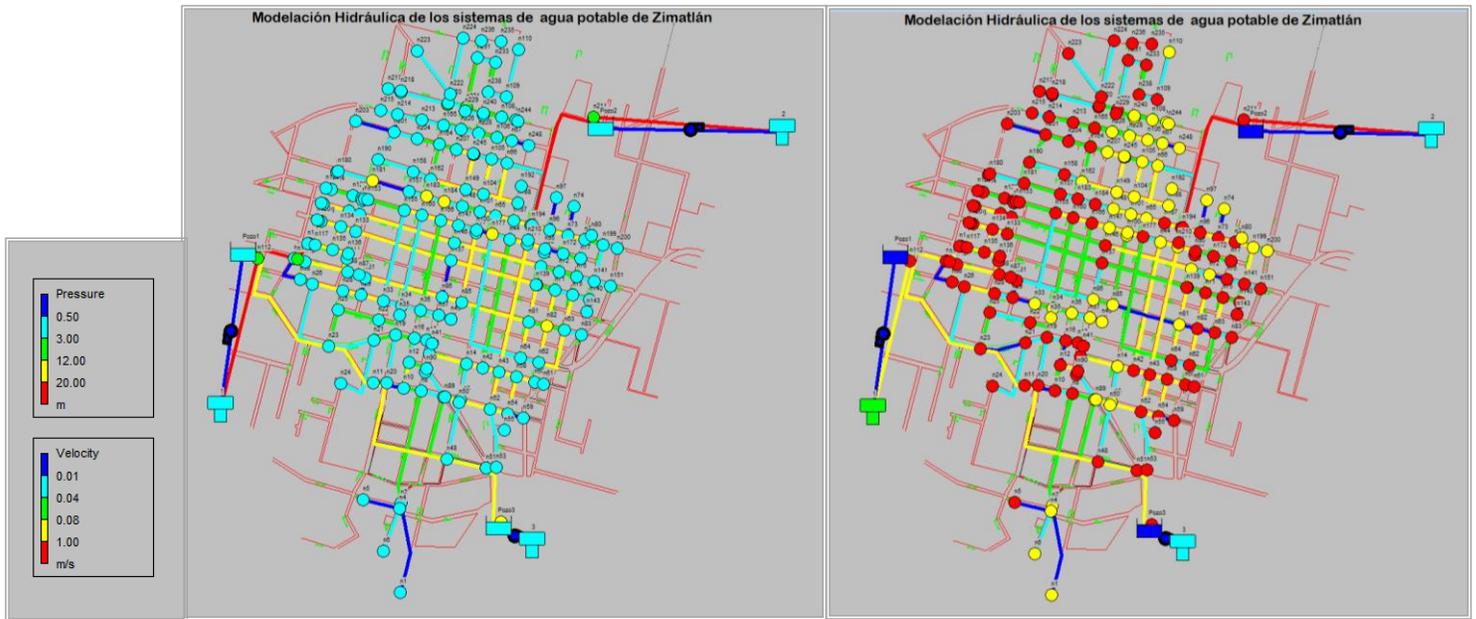
**Figura 73. Cambios en las presiones tras la modificación en el Tramo**

A continuación se expone la propuesta para realizar la ampliación al tanque 2, tanto en altura como en volumen. Se propone aumentar la altura y el volumen actual del tanque 2, así:

**Tabla 59. Modificaciones sugeridas en el tanque 2**

TANQUE	Volumen actual (m <sup>3</sup> )	Volumen propuesto (m <sup>3</sup> )	Altura Actual (m)	Altura propuesta (m)
2	10	100	10	20

Para que las anteriores modificaciones expuestas puedan llevarse a cabo, evidentemente se debe cambiar el tiempo de bombeo; que deberá pasar de 1.15 horas (actual) a 12 horas (preferiblemente durante la noche).



**Figura 74. Cambios en las presiones y velocidades de la red tras la modificación en el tanque 2**

Es evidente el cambio a favor que gozaría la red de Zimatlán de Álvarez, si se modifica el tanque 2, a que las presiones y las velocidades aumentarían lo que permite que la población sea beneficiada con el suministro del líquido.

PROPUESTA ECONÓMICA ZIMATLÁN DE ÁLVAREZ

Los cambios sugeridos a la red de distribución tienen un impacto económico el cual se ha estimado en \$1,554,500 pesos, ver Tabla a continuación:

**Tabla 60. Propuesta sugerida para la red de Zimatlán.**

Monto estimado de Inversión					
Elemento	Acciones por ejecutar	Cantidad	PU	Inversión estimada	Beneficios esperados
Red de distribución	Colocación de 804 m de tubería de 100 mm	804	\$ 500	\$ 402,000	Mejorar el servicio y operación de agua potable en toda la población que se abastece de la Red de Zimatlán
	Colocación de 660 m de tubería de 100 mm	660	\$ 500	\$ 330,000	
	Colocación de 645 m de tubería de 100 mm	645	\$ 500	\$ 322,500	
	Aumento de Volumen Tanque	GL	\$ 500,000	\$ 500,000	
	<b>Gran Total \$1,554,500</b>				

## RESUMEN DE ACCIONES

Las acciones antes descritas pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Colocación de 2.109 m de tubería de 100 mm, correspondientes a las líneas de conducción de los tanques a la red de agua potable. Lo que contribuirá a abastecer de agua a las colonias más bajas de la cabecera. Esta obra tiene un mayor impacto, por lo que adquiere una prioridad 1
2. Aumento del volumen y de la altura del tanque 2, el cual contribuirá a mejorar el abastecimiento de agua hacia el centro de la cabecera municipal. Esta obra tiene un impacto, por lo que adquiere una prioridad de 2

---

ELABORACIÓN DE PLANOS PRELIMINARES DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA: AGUA POTABLE Y DRENAJE

Los planos generados fueron sólo los correspondientes a agua potable. A continuación se muestra el plano generado correspondiente a Ocotlán de Morelos.



**Figura 75. Plano de la red de agua potable de Zimatlán de Álvarez**

## EQUIPO DE TRABAJO

Los resultados logrados por parte del equipo de trabajo no hubieran sido posibles sin la participación de todas las personas que, con su esfuerzo y dedicación, hicieron posible este trabajo.

Fernando J. González Villarreal

Director del PADHPOT

Rafael Val Segura

Coordinador Ejecutivo

Marben Acosta Terán

Coordinadora del Observatorio Hídrico

José Daniel Rocha Guzmán

Coordinador de Agua y Saneamiento

Dionisio Calderón Estrada

Responsable del estado de Oaxaca

Guillermo Montero Medel

Colaborador del área de agua y saneamiento.

1. Herramientas y tecnologías para el ahorro del agua y energía en los organismos operadores. INDAGA. Alliance to Save Energy. . V Seminario Nacional de Agua y Energía Watergy. 2008.
2. La sectorización como solución. Prohidro. Alliance to Save Energy. . V Seminario Nacional de Agua y Energía Watergy. 2008.
3. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. CONAGUA. 2007. Modelación hidráulica y de calidad del agua en redes de agua potable.
4. Manual de Incremento de Eficiencia Física. Hidráulica y Energética en sistemas de Agua Potable. Versión Preliminar. CONAGUA. Septiembre de 2009.
5. Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Federal, Diario Oficial de la Federación. México, 11 de junio de 2002.
6. Olvera, A. La rendición de cuentas en México: diseño institucional y participación ciudadana. Secretaría de la Función Pública, México, 2009, pp. 66
7. López, S. y Merino, M. La rendición de cuentas en México: perspectivas y retos. Secretaría de la Función Pública. México, 2009, pp. 48
8. Anyaegbunam, C. y Mefalopulos, P. Manual diagnóstico participativo de comunicación rural. 2ª edición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 2008
9. Manual sobre comunicación en materia de agua, medio ambiente y saneamiento, UNICEF, EUA, 1999
10. Expósito, M. Diagnóstico rural Participativo, Centro Cultural Poveda, República Dominicana, 2003