



CEA Jalisco

Comisión Estatal del Agua de Jalisco



Siapame

SISTEMA DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO DEL MUNICIPIO DE AMECA

PROYECTO DE CATASTRO DE REDES, LOCALIZACIÓN DE FUGAS, MODELAMIENTO HIDRÁULICO, SIG Y PROYECTO DE SECTORIZACIÓN EN LAS CABECERAS MUNICIPALES DE AMECA, TALPA DE ALLENDE Y TAPALPA, JALISCO

PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO



	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Índice
---	---	--------

PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">MEMORIA</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	--	---

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	1
3. OBJETIVO	1
4. ANTECEDENTES	2
4.1. Marco institucional	2
4.2. Marco legal	3
5. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
6. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....	4
7. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO	7
8. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO Y DE DESARROLLO	9
9. INVENTARIO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO	11
9.1. Fuentes de suministro	12
9.2. Tanques de almacenamiento	13
9.3. Tuberías.....	13
9.4. Elementos de la red	14
10. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	15
11. DETECCIÓN DE FUGAS	19
12. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO.....	21
13. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	24
13.1. Montaje del modelo	24
13.2. Calibración.....	26
13.3. Simulación	27

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">MEMORIA</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	--	---

13.4. Conclusiones.....	28
14. MEJORAS PROPUESTAS	29
14.1. Resumen de problemas detectados en el sistema actual	30
14.2. Mejoras estratégicas.....	31
14.2.1. FASE I	31
14.2.1.1. Construcción del tanque Norte	31
14.2.1.2. Puesta en servicio del tanque elevado de la Reyna.....	32
14.2.1.3. Sectorización de la red de distribución	32
14.2.2. FASE II	41
14.2.2.1. Construcción del tanque Oeste	41
14.2.2.2. Nuevo rebombeo del sector Centro.....	42
14.2.2.3. Sectorización de la red de distribución	42
14.3. Mejoras tácticas.....	55
14.3.1. Control permanente de fugas	55
14.3.1.1. Ubicación de las Unidades Operativas de Control	57
14.3.1.2. Equipos.....	58
14.3.2. Instalación de micromedidores	60
14.3.3. Creación de un departamento de agua no contabilizada	62
14.3.4. Renovación o mejora de equipos de estaciones de bombeo	63
15. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN FUTURA.....	67
15.1. Simulación matemática.....	67
15.2. Conclusiones.....	69

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>MEMORIA</p>	Índice
---	--	--------

Anexos

Anexo n° 1: Medio físico

Anexo n° 2: Crecimiento demográfico y planeamiento urbanístico

Anexo n° 3: Inventario y funcionamiento del sistema

Anexo n° 4: Detección de fugas

Anexo n° 5: Campaña de mediciones de caudal y presión

Anexo n° 6: Eficiencia energética

Anexo n° 7: Análisis y diagnóstico de la situación actual y futura

Planos

Plano n° 1: Índice y situación general

Plano n° 2: Planta general del sistema

Plano n° 3: Distribución de diámetros de la red

Plano n° 4: Campaña de mediciones de parámetros hidráulicos

Plano n° 5: Sectorización de la red – Fase I

Plano n° 6: Mejoras propuestas – Fase I

Plano n° 7: Sectorización de la red – Fase II

Plano n° 8: Mejoras propuestas – Fase II

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Índice
--	---	---------------

Índice de tablas

Tabla n° 1. Perspectivas de crecimiento demográfico.....	8
Tabla n° 2. Inventario de fuentes de suministro.....	13
Tabla n° 3. Inventario de tuberías de distribución.....	14
Tabla n° 4. Inventario de elementos de red.....	14
Tabla n° 5. Clasificación de las fugas localizadas según ubicación	19
Tabla n° 6. Clasificación de las fugas localizadas según la técnica empleada	19
Tabla n° 7. Clasificación de las fugas localizadas según el código de reparación...	20
Tabla n° 8. Clasificación de las fugas en línea de distribución por tipo de material	20
Tabla n° 9. Eficiencia de los equipos actuales.....	22
Tabla n° 10. Conducciones de transporte	32
Tabla n° 11. Válvulas de sectorización - Fase I	36
Tabla n° 12. Válvulas nuevas a instalar - Fase I	38
Tabla n° 13. Tuberías nuevas a instalar por sector en la Fase I	39
Tabla n° 14. Resumen de tuberías a instalar en la Fase I	40
Tabla n° 15. Regulación de altura de bombeo en función del caudal	42
Tabla n° 16. Válvulas de sectorización – Fase II	45
Tabla n° 17. Válvulas nuevas a instalar - Fase II	47
Tabla n° 18. Tuberías nuevas a instalar por sector en la Fase II	48
Tabla n° 19. Resumen de tuberías a instalar en la Fase II	49
Tabla n° 20. Relación de las U.O.C. necesarias	58
Tabla n° 21. Bombas sumergibles recomendadas.....	64
Tabla n° 22. Cuadro comparativo de consumo de energía	65

Índice de figuras

Figura n° 1. Ubicación del Municipio de Ameca en el Estado de Jalisco.....	4
Figura n° 2. Gráfica de temperatura promedio	6
Figura n° 3. Gráfica de precipitación media anual	7
Figura n° 4. Evolución de la población	9
Figura n° 5. Esquema hidráulico de la red	18

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Índice
---	---	---------------

Figura n° 6. Curvas de modulación de la demanda	25
Figura n° 7. Isométricas de presión.....	28
Figura n° 8. Sectores propuestos – Fase I	34
Figura n° 9. Válvulas de corte cerradas – Fase I	35
Figura n° 10. Tuberías a instalar en la Fase I	40
Figura n° 11. Perforación del nuevo pozo en la Unidad Deportiva	41
Figura n° 12. Sectores propuestos – Fase II	43
Figura n° 13. Válvulas de corte cerradas – Fase II	44
Figura n° 14. Tuberías a instalar en la Fase II	50
Figura n° 15. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Norte	51
Figura n° 16. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Centro.....	52
Figura n° 17. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Sur.....	53
Figura n° 18. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Oeste	54
Figura n° 19. Gráfico de comparación de la evolución de fugas con control o sin control.....	56
Figura n° 20. Ejemplo de diseño de una UOC	59
Figura n° 21. Ejemplo de micromedidores	60
Figura n° 22. Presiones en la red - Hipótesis de caudal medio, situación futura....	69
Figura n° 23. Presiones en la red - Hipótesis de caudal punta, situación futura	70

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>MEMORIA</p>	<p>Pág. 1</p>
---	--	---------------

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe forma parte de los trabajos de modelización hidráulica y sectorización dentro del *“Proyecto de Catastro de redes, localización de fugas, modelamiento hidráulico, SIG y proyecto de sectorización en las cabeceras municipales Ameca, Talpa de Allende y Tapalpa, Jalisco”* llevado a cabo por Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V. en el municipio de Ameca. Constituye una recapitulación de los principales trabajos realizados, así como una guía de las futuras acciones a ejecutar, con objeto de aumentar la calidad del sistema de abastecimiento de agua potable.

2. JUSTIFICACIÓN

La complejidad que presenta el diseño, la operación y el mantenimiento de las redes de distribución de agua, hace cada vez mayor la necesidad de llevar a cabo estudios que determinen los problemas existentes, aporten soluciones encaminadas a mejorar el rendimiento y doten a los organismos operadores de las herramientas necesarias para la correcta explotación de los sistemas.

Para poder obtener una visión integral del recurso hídrico que permita proponer actuaciones coherentes con el medio, es necesario tener una perspectiva amplia de la situación actual del abastecimiento, incluyendo el diagnóstico social, el reconocimiento físico del territorio, la disponibilidad del recurso hídrico y el estado actual del sistema de abastecimiento.

A partir esta caracterización y de los resultados obtenidos mediante la modelización matemática, el presente Proyecto plantea acciones para mejorar el acceso de la población a un abastecimiento de calidad.

3. OBJETIVO

Desde un punto de vista preliminar, los principales problemas que condicionan el abastecimiento de agua al municipio de Ameca son:

- Fugas en redes de distribución.

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>MEMORIA</p>	<p>Pág. 2</p>
---	--	---------------

- Falta de presión en muchos puntos de la red.
- Elevado gasto económico derivado del consumo eléctrico.
- Reducidas garantías del sistema de abastecimiento de agua, como consecuencia de la dependencia de instalaciones de bombeo que no cuentan con los equipos de reserva adecuados y por fallas eléctricas ajenas a la empresa.
- Insuficiencia del volumen de los tanques reguladores y escaso control en la entrada y salida de los mismos.
- Escaso porcentaje de micro medición.
- Falta de procedimientos y labores estandarizadas de mantenimiento y operación de la red.

Para mitigar estos problemas, se han realizado diferentes actuaciones encaminadas a mejorar la gestión de la red por parte del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Ameca (en adelante SIAPAME), como son el levantamiento y digitalización de las redes de abastecimiento, así como localización de fugas en la red. Asimismo el presente informe pretende convertirse en una herramienta eficaz en la planificación futura, tanto técnica como a nivel de operación, de la red de abastecimiento en el área de influencia del proyecto.

4. ANTECEDENTES

4.1. Marco institucional

Con fecha 19 de enero de 2009, se firmó el inicio de obra para el Contrato CEA-AP-RE-LP-145/2008 *"Proyecto de Catastro de redes, localización de fugas, modelamiento hidráulico, SIG y proyecto de sectorización en las cabeceras municipales de Ameca, Talpa de Allende y Tapalpa, Jalisco"*, entre la Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA) y Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V. la duración de la obra es de 130 días, iniciando el 19 de enero de 2009 y finalizando el 28 de mayo de 2009.

El Proyecto incluye como actuaciones principales la realización del catastro de redes de abastecimiento y saneamiento, detección y localización de fugas y modelación matemática y sectorización de las redes de abastecimiento de agua potable de los municipios, así como la implantación de un sistema GIS en cada uno de ellos para la

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 3
---	--	--------

gestión y soporte del catastro digitalizado y la ejecución de un programa de capacitación sobre los diferentes aspectos del Proyecto.

4.2. Marco legal

De entre la múltiple legislación vigente, la que se relaciona a continuación contiene aspectos fundamentales en las determinaciones, criterios y objetivos de este plan de mejoras:

- **Ley de Aguas Nacionales**, fue aprobada en el Diario Oficial de la Federación el 1º de diciembre de 1992 y reformada con DOF 18/04/2008.
- **Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales**, última reforma Periódico Oficial 09/06/2009, numero 38, sección II, tomo CCCLXIII.
- **Ley del Agua para el estado de Jalisco y sus Municipios**, aprobada mediante decreto número 21804/LVII/06, última reforma el 16/05/2009 con decreto 22638.
- **Reglamento de La Ley del Agua para el estado de Jalisco y sus Municipios**, entra en vigor el 10/06/2009.
- **Reglamento de la Ley Estatal de Salud en Materia de Agua Potable y Alcantarillado**, publicada en el Periódico Oficial El Estado de Jalisco, el 26 de marzo de 1988.

Aunque no formen parte de la legislación, sí que tienen en cuenta las recomendaciones de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, entre las que se encuentran:

- **Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento** emitido por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) versión 5.0, diciembre 2007
- **Instituto Mexicano de Tecnología del Agua** -Convenio CNA-IMTA-GINT-001-2007 del 2 de julio del 2007.

5. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

El municipio de Ameca se encuentra en el centro-occidente del Estado de Jalisco, dentro de la región de Valles, ubicado aproximadamente a 83 km de Guadalajara. Se encuentra entre las coordenadas 20°25'00" y 20°42'00" de latitud norte, y entre los 103°53'15" y 104°17'30" de longitud oeste, localizado a una altura de 1,235 metros sobre el nivel del mar. Tiene una extensión territorial de 685.73 km².

Limita al norte con los municipios de Etzatlán y Ahualulco de Mercado; al sur con Atengo y Tecolotlán; al este con Teuchitlán y San Martín Hidalgo y al oeste con Guachinango y el Estado de Nayarit..

Figura n° 1. Ubicación del Municipio de Ameca en el Estado de Jalisco



La situación del municipio se muestra en el **Plano n° 1: "Índice y situación general"**.

6. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

En el **Anexo n° 1: "Medio físico"** se recogen las características del medio físico en la zona del Proyecto. A continuación se destacan los siguientes aspectos:

 <p>GEA JALISCO</p>	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>MEMORIA</p>	<p>Pág. 5</p>
--	--	---------------

Geomorfología

El municipio de Ameca se encuentra situado dentro de la provincia del Eje Neovolcánico. Dentro de ésta, se ubica entre la subprovincia de Chapala y la subprovincia Sierra de Jalisco. La subprovincia de Chapala alcanza una magnitud significativa en fallas geológicas asociado con manifestaciones volcánicas y grabens (áreas hundidas entre sistemas de fallas). Por otro lado, la subprovincia de las Sierras de Jalisco está constituida por dos tipos básicos de topografía generales: montañas y mesetas. Entre sus extremos norte y sur, las cadenas montañosas se encuentran acomodadas de tal modo que describen la forma de una burda letra "S".

En el Municipio de Ameca se ubican en los cerros de Ameca o Cuauhtépetl, La Tetilla y Los Pericos que ocupan principalmente la parte norte del municipio, además se tiene una orografía irregular caracterizada por una sucesión de valles y extensas serranías en diferentes zonas del municipio.

Geología

El valle donde se encuentra el centro de la población es de suelo aluvial, formado por el tanque de materiales sueltos (gravas, arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua; este tipo de suelo se formó por tratarse del valle del río.

Recursos hidrológicos

En lo que concierne a los recursos hidrológicos que constituye al Municipio de Ameca, éste es atravesado por el río Ameca que recibe por el norte los remanentes de los arroyos El Cajón, Los Llanitos, La Barranca, La Arena, El Carrizo, y Las Bolas, entre otros; al sur lo alimentan los arroyos El Magistral, Arroyo Grande, El Zoquite, El Palmarejo, El Álamo y Las Canoas y un sin número de pequeñas corrientes. Además de contar con las Presas de San Ignacio, de la Vega, Los Pocitos y la del Texcalame.

Climatología

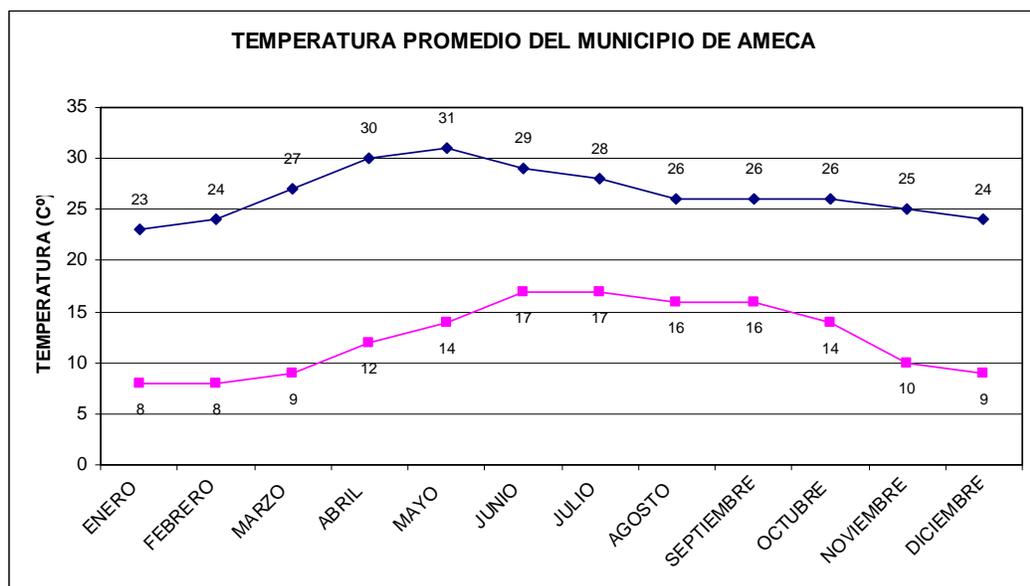
De acuerdo a la clasificación CW Thornthwaite, el clima de Ameca es semi-cálido y semi-seco.

La temperatura media anual es de 21.3°C. La temperatura máxima promedio es de 31°C y la mínima de 8°C. Los valores extremos máximos se presentan durante los meses Abril, Mayo, Junio y Julio y los mínimos de Diciembre a Febrero.

La precipitación pluvial media anual es de 864 mm, concentrados principalmente entre Junio y Septiembre, meses en que se presenta el 80% del total anual. La lluvia máxima promedio en 24 horas es de 20.7 mm.

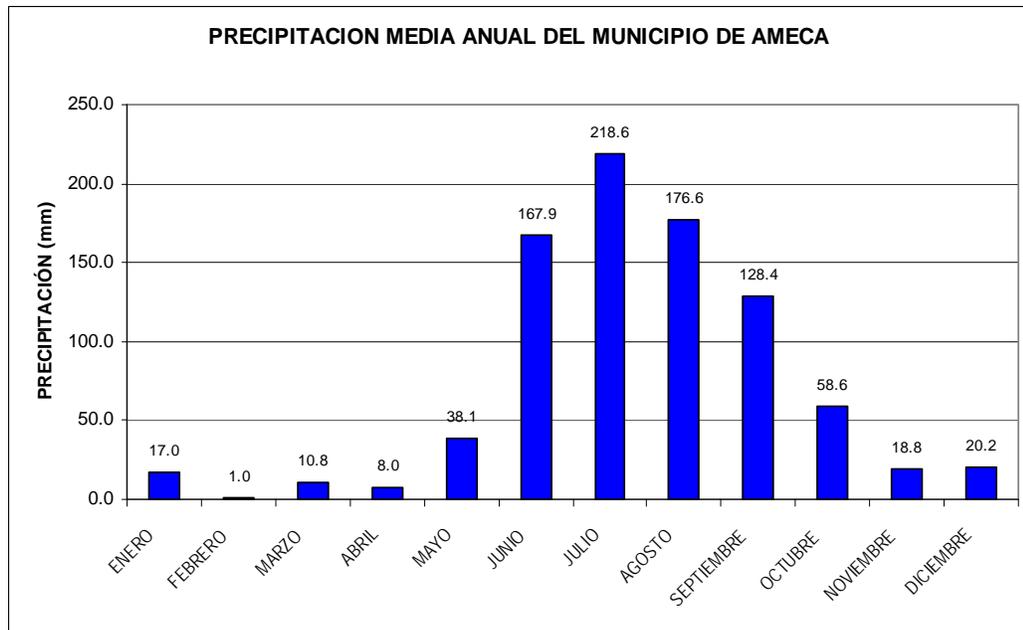
La dirección de los vientos en general es de Noroeste a sureste con una velocidad de 8 km/h

Figura n° 2. Gráfica de temperatura promedio



Fuente: Plan de desarrollo del Municipio de Ameca. WASSER Hidroingeniería de México.

Figura n° 3. Gráfica de precipitación media anual



Fuente: Plan de desarrollo del Municipio de Ameca. WASSER Hidroingeniería de México

7. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

En el **Anexo n° 2: "Crecimiento demográfico y planeamiento urbanístico"** se ha estudiado la población residente en el municipio de Ameca y su perspectiva de crecimiento (la población estacional y turística se puede considerar nula), de acuerdo con los datos incluidos en el Plan de Desarrollo Urbano del municipio y la información obtenida en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Las características de población de la localidad del municipio de Ameca marcados en el plan de desarrollo actual manejan datos probabilístico basados en una tasa de crecimiento del 1.15% pero con datos hasta el año 2000.

Con el fin de obtener datos más actuales, se consultan los datos del INEGI donde se verifica que la población del 2000 al 2005 tiene un crecimiento del 0.22%. Se decide utilizar este dato en este informe, ya que se obtiene a partir de información más actual y detallada.

Para calcular la tasa de crecimiento, se utilizó la fórmula de interés compuesto, cuya expresión algebraica se muestra a continuación:

$$Tc\% = \left[\left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

En la siguiente tabla se muestran las perspectivas de crecimiento demográfico, para la cabecera municipal de Ameca.

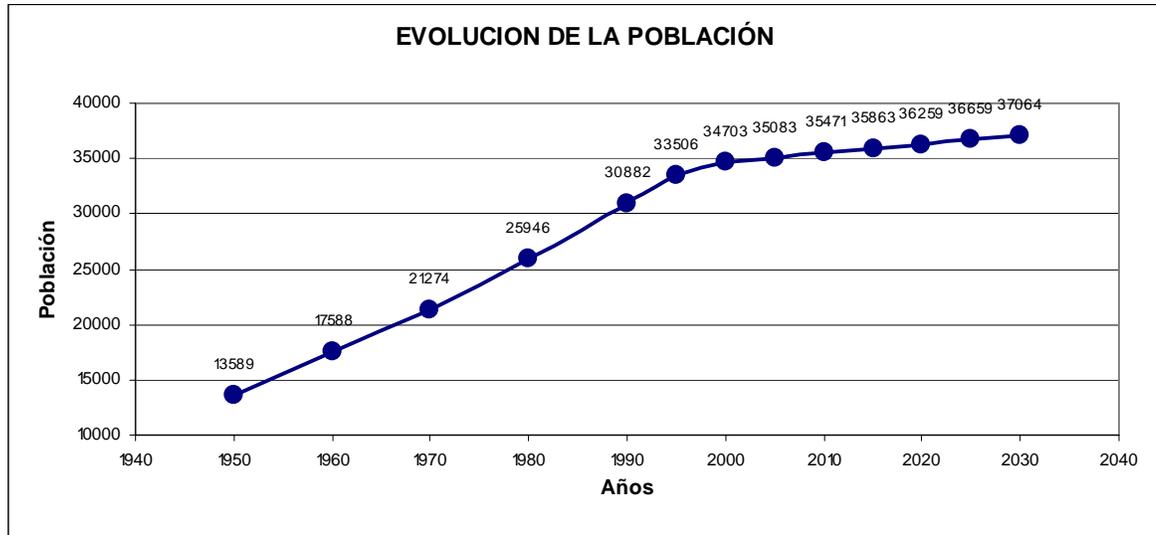
Tabla n° 1. Perspectivas de crecimiento demográfico

Año	Población	Población estimada	Tc (%)
1950	13589		
1960	17588		2.54
1970	21274		1.59
1980	25946		1.24
1990	30882		1.26
1995	33506		1.64
2000	34703		0.7
2005	35083		0.22
2010		35471	0.22
2015		35863	0.22
2020		36259	0.22
2025		36659	0.22

Fuente: Instituto nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Elaboración: WASSER Hidroingeniería de México

Figura n° 4. Evolución de la población



Fuente: INEGI. Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

8. PLANEAMIENTO URBANÍSTICO Y DE DESARROLLO

En este apartado se analizan los aspectos relativos al planeamiento urbanístico que pueden afectar al sistema de agua potable, de acuerdo con los datos del Plan de Desarrollo Urbano del municipio correspondientes al periodo 2007-2025, y que se estudian con más detalle en el **Anexo n° 2: "Crecimiento demográfico y planeamiento urbanístico"**.

En el año 2005 el municipio de Ameca contaba en su cabecera con 35083 habitantes, estimándose su población futura para el año 2025 en 36659 habitantes. En el Plan de Desarrollo Urbano del municipio se determinan las mejores zonas para los nuevos desarrollos, teniendo en cuenta los diversos factores restrictivos para la urbanización, como pueden ser la topografía, la geología, las zonas inundables, las zonas susceptibles de protección ecológica y los factores medioambientales, y que se explican detalladamente en el **Anexo n° 2: "Crecimiento demográfico y planeamiento urbanístico"**. De esta manera, se establecen las siguientes zonas como aptas para el crecimiento del municipio:

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>MEMORIA</p>	<p>Pág. 10</p>
---	--	----------------

Zona noreste. Delimitada al norte por las vías del ferrocarril; al noreste por la carretera a Ahualulco; al este el camino a La Estancita; al sur el Río Ameca; y al oeste el límite de la mancha urbana actual. Condicionada por el alto potencial agrícola del terreno y al requerimiento de infraestructura para su desarrollo.

Zona este. Sus límites son: al norte, el área de protección del Río Ameca; al este La Esperanza; al sur las colonias Jalisco y Santa Cecilia y al oeste el barrio del Santuario. Condiciona por el requerimiento de infraestructura para su desarrollo.

Zona suroeste. Área cuyos límites son: al norte la franje de protección de la carretera Ameca-Mascota; al este el fraccionamiento Providencia y el camino a la Coronilla; al sur el límite de la actual mancha urbana; y al oeste el fraccionamiento Lomas de San Javier. Condicionada por el requerimiento de infraestructura para su desarrollo.

Zona oeste. Sus límites son: al norte el camino a Arroyo Hondo, las colonias San Francisco y Las Margaritas y los fraccionamientos Los Mezquites, El Carmen y Jardines de Guadalupe; al este el barrio centro, la zona industrial actual y el barrio del Santuario; al sur la franja de protección de la carretera Ameca- Mascota y la franja de protección del arroyo Santiago; al suroeste la franje de protección del Río Ameca.

Zona Noroeste. Sus límites son: al norte Zonas agrícolas; al sureste los fraccionamientos El Rocío y Los Mezquites; y al sur la colonia Las margaritas, la Unidad Deportiva Gral. Manuel H. Gómez Cueva. y el camino a Arroyo Hondo.

Por otra parte el Municipio de Ameca cuenta con zonas en proceso de regularización las cuales en un futuro cercano requiere la dotación de servicios, entre ellos se encuentran los siguientes:

- Fraccionamiento "Providencia". Ubicado en propiedad privada, es irregular ya que carece de los servicios de drenaje y agua potable.
- Fraccionamiento "La Higuera". Se encuentra en zona ejidal y no cuenta con los servicios de agua potable y drenaje.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 11
---	--	---------

- Fraccionamiento "Jardines de Guadalupe". Ubicado en terreno ejidal y no cuenta con los servicios de agua potable y drenaje.
- Fraccionamiento "Lomas de San Javier". Es irregular. Se ubica sobre terreno ejidal y no cuenta con los siguientes servicios: electrificación, alumbrado público, agua potable, drenaje y sólo tiene machuelos.
- Fraccionamiento "Arboledas". Se ubica en propiedad privada, ya recibió el municipio la primera y segunda etapas y la tercera esta en proyecto solo se tiene el terreno (sin servicios).
- Colonia "San Isidro". Está ubicado en propiedad privada, no cuenta con los servicios de drenaje y agua potable (en tramite ante CORETT).
- Colonia "Unión". Con situación irregular. Se localiza en propiedad ejidal y no cuenta con servicios de drenaje y agua potable.
- Colonia "Las Ladrilleras". Se ubica sobre propiedad privada. Es irregular y no cuenta con los servicios de drenaje y agua potable.
- Colonia "Las Margaritas". Se ubica sobre propiedad privada. Es irregular y no cuenta con los servicios agua potable y drenaje
- Colonia "Zona sur" (incluye Rancho Corona). Es irregular, se ubica sobre zona ejidal y no cuenta con los servicios de drenaje y agua potable.
- Colonia "La Esperanza". En proceso de regularización. Se localiza en propiedad ejidal y se están tramitando escrituras. Cuenta con servicios de agua potable y drenaje aunque cabe señalar que ambas instalaciones requieren rehabilitarse porque son muy viejas (25 años) y atraviesan fincas.

9. INVENTARIO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO

A continuación se resume el resultado del levantamiento de catastro del sistema de agua potable del municipio de Ameca llevado a cabo por Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V. en el marco del "Proyecto de Catastro de redes, localización de fugas, modelamiento hidráulico, SIG y proyecto de sectorización en las cabeceras municipales de Ameca, Talpa de Allende y Tapalpa, Jalisco".

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 12
---	--	---------

Este levantamiento del catastro del sistema de agua potable consta de una parte de trabajo realizada en campo y otra en oficina, mediante el catastro digitalizado de redes.

Mediante el empleo de 2 brigadas durante 48 días, y empleando como apoyo equipos de detección de tuberías y tapas de registro, se realiza un inventario georeferenciado y técnico de todos los elementos que constituyen el sistema de abastecimiento, recogiendo la información en fichas de campo, para posteriormente levantar la cartografía que refleja la interconexión hidráulica entre ellos, conformando de esta forma los planos de la red de abastecimiento.

Posteriormente toda la información obtenida en esta campaña se introduce en bases de datos en la aplicación de GIS Gestired Global Solution©, que es la principal fuente de la información que compone el **Anexo n° 3: "Inventario y funcionamiento del sistema"**.

En el **Plano n° 2: "Planta general del sistema"** se puede observar la ubicación de los pozos y tanques y la red de distribución.

9.1. Fuentes de suministro

Las fuentes de suministro del sistema de agua potable del municipio de Ameca la constituyen once pozos, que se encuentran bien en el área de proyecto o abasteciendo a la zona de proyecto.

En la siguiente tabla se indica el nombre de estos pozos, su ubicación y el caudal medio obtenido en la Campaña de Mediciones realizada por Wasser Hidroingeniería de México, SA de CV.

Tabla n° 2. Inventario de fuentes de suministro

Pozo	Horas de funcionamiento	Producción (m ³ /h)
Pozo El Colorado (*)	24 h/día	-
Pozo La Isla	24 h/día	81.40
Pozo Cancún	24 h/día	52.23
Pozo El Panteón	24 h/día	73.7
Pozo El Brillante	24 h/día	25.31
Pozo Siapame	24 h/día	20.91
Pozo La Ciénega	24 h/día	60.60
Pozo La Y (*)	24 h/día	-
Pozo Consorcio Hogar	24 h/día	76.86
Pozo La Reyna	24 h/día	31.86
Pozo John Deere	24 h/día	125.88

(*) No se pudieron realizar mediciones

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

9.2. Tanques de almacenamiento

El sistema de distribución de agua en la zona ámbito del Proyecto está formado por un único tanque en servicio, cuya capacidad aproximada es 1088 m³.

9.3. Tuberías

La longitud total de la red de distribución en estudio es de 116,880.36 m. Los diámetros de las tuberías catastradas van de 19 a 600 mm y los materiales empleados son PVC, acero, hierro fundido, hierro galvanizado y asbesto cemento.

La distribución de los diámetros se puede ver en el **Plano n° 3: "Distribución de diámetros de la red"**.

Tabla n° 3. Inventario de tuberías de distribución

Diámetro (mm)	Material					Longitud por diámetro (m)
	AC	FC	HG	HF	PVC	
19	5.54					5.54
25			4.20		3.75	7.95
50	1.38	1243.14	47.10	53.30	3625.59	4970.51
63		1.32	6.41		1645.84	1653.56
75	55.22	23411.34	270.98		28799.60	52537.15
100	20.14	9558.03	193.35		12751.19	22522.72
150	100.14	7137.10	151.03		6083.31	13471.58
200	82.59	3785.19	43.52		1962.52	5873.82
250	110.74	3422.51	37.10		4672.88	8243.23
300	18.67	2424.22	23.36		3018.43	5484.68
350		975.26	2.61			977.87
400		180.44	4.39		2.12	186.95
600	34.74	869.57				904.31
SD	33.50		6.98			40.49
Longitud por material (m)	462.68	53008.12	791.04	53.30	62565.22	116880.37

AC – Acero

FC – Fibrocemento (Asbesto cemento)

HG – Hierro galvanizado

HF – Hierro fundido

PVC – PVC

Fuente: Catastro de redes realizada por Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

9.4. Elementos de la red

El total de elementos catastrados en el municipio se resume en la siguiente tabla.

Tabla n° 4. Inventario de elementos de red

Descripción	Elementos
Válvulas de corte	306
Válvulas check	10
Válvulas reguladoras de presión	6
Válvulas eliminadoras de aire	15
Desagües	3
Bombas	1
Macromedidores	6

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

10. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de distribución de agua potable del municipio de Ameca es bastante complejo, cuenta con 11 pozos que abastecen tanto al único tanque de regulación existente como a la red, directamente. Aunque este último procedimiento no es recomendable, en este caso el suministro de agua se realiza de esta forma para darle presión a la red, ya que la diferencia de cotas en el municipio es muy baja.

Existen también una gran cantidad de válvulas cerradas y reguladas. Además, debido a la escasez de agua, existe un sistema de "tandeos", es decir, se realizan maniobras, diariamente o en días alternos, en algunas válvulas para dar agua a unas zonas u otras. En el **Anexo nº 3: "Inventario y funcionamiento del sistema"** se muestra una relación con las válvulas cerradas, reguladas y las que se manipulan, de acuerdo con la información suministrada por el SIAPAME.

A continuación se describe el funcionamiento y modo de operación del sistema:

Los **pozos SIAPAME y El Panteón** abastecen únicamente al tanque de regulación del municipio. Además de estos, al tanque también le llega agua procedente de los pozos El Colorado, Brillante y La Ciénega. La salida del tanque se realiza a través de un rebombear, que suministra agua a la zona Centro del municipio. Este **rebombear** tiene el siguiente horario de funcionamiento:

- De 4:30 A.M. a 11:00 A.M.: encienden el bombeo para alimentar a la Colonia Centro. Para ello, cierran las válvulas C5-006, C5-008, C5-010 y permanece abierta la válvula C5-011.
- De 12:30 P.M. a 03:00 P.M.: encienden el bombeo para dar agua a la Colonia La Soledad. Se abren las válvulas C5-006 y C5-011, y se cierran las válvulas C5-008 y C5-011.
- De 05:00 P.M. a 09:30 P.M.: encienden para abastecer a las Colonias San José y La Ciénega, abriendo la válvula C5-008 y dejando cerradas las válvulas C5-006, C5-010 y C5-011.
- De 10:30 P.M. a 03:00 A.M.: de nuevo suministran agua a la zona Centro.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 16
---	--	---------

El **pozo El Colorado** suministra agua al tanque a través de la válvula C5-023, estando la válvula C5-001 cerrada, excepto en el periodo comprendido entre las 04:30 P.M. y las 10:00 P.M.. Durante este tiempo, se cierra la válvula C5-023 y se abre la C5-001, aunque sólo 10 vueltas, para abastecer al barrio de El Santuario, mediante la tubería de asbesto cemento de diámetro 200 mm que atraviesa el río Ameca a través del puente.

El **pozo La Ciénega** abastece al tanque de regulación y también a un pequeño ramal en la C/ República.

La línea de salida del **pozo Brillante** se bifurca en dos, una de las conducciones abastece al tanque de regulación y la otra va hacia el oeste, donde se une con la tubería de salida del **pozo Cancún** y abastecen a la Colonia Los Ángeles a través de la válvula C3-002. La válvula C3-003, localizada en la C/ Toluquilla, se cierra diariamente desde las 9:00 P.M. hasta las 5:00 A.M. para presurizar la línea que se encuentra al norte. Antes de unirse con la salida del pozo Cancún, el pozo Brillante abastece a la zona oeste del Fraccionamiento Municipal a través de la válvula C4-003, que está regulada.

El **pozo La Y** abastece a los fraccionamientos Las Victorias y Guadalupano, aunque también se comunica con la red que abastece a la zona Centro.

El **pozo La Isla** suministra agua por una parte a la zona oeste del municipio (Fraccionamientos El Rocío, Los Mezquites y Jardines de Guadalupe y Colonias San Francisco y Obrera) y por otra, a los fraccionamientos Municipal (zona este), Los Romero y El Fresno. El abastecimiento de agua en estas zonas se realiza mediante "tandeos".

Durante un día abren la válvula B4-002 para dar agua a la zona oeste y dejan la válvula que abastece a los demás fraccionamientos (B4-006) cerrada. Ese mismo día abren la válvula C3-001 (en la Calle Clavel) para abastecer al Fraccionamiento El Rocío de 6:00 A.M. a 12:00 P.M., y la válvula D3-004 (en la Calle de las Rosas) para suministrar a la Colonia Obrera desde las 5:00 A.M. a las 9:00 P.M..



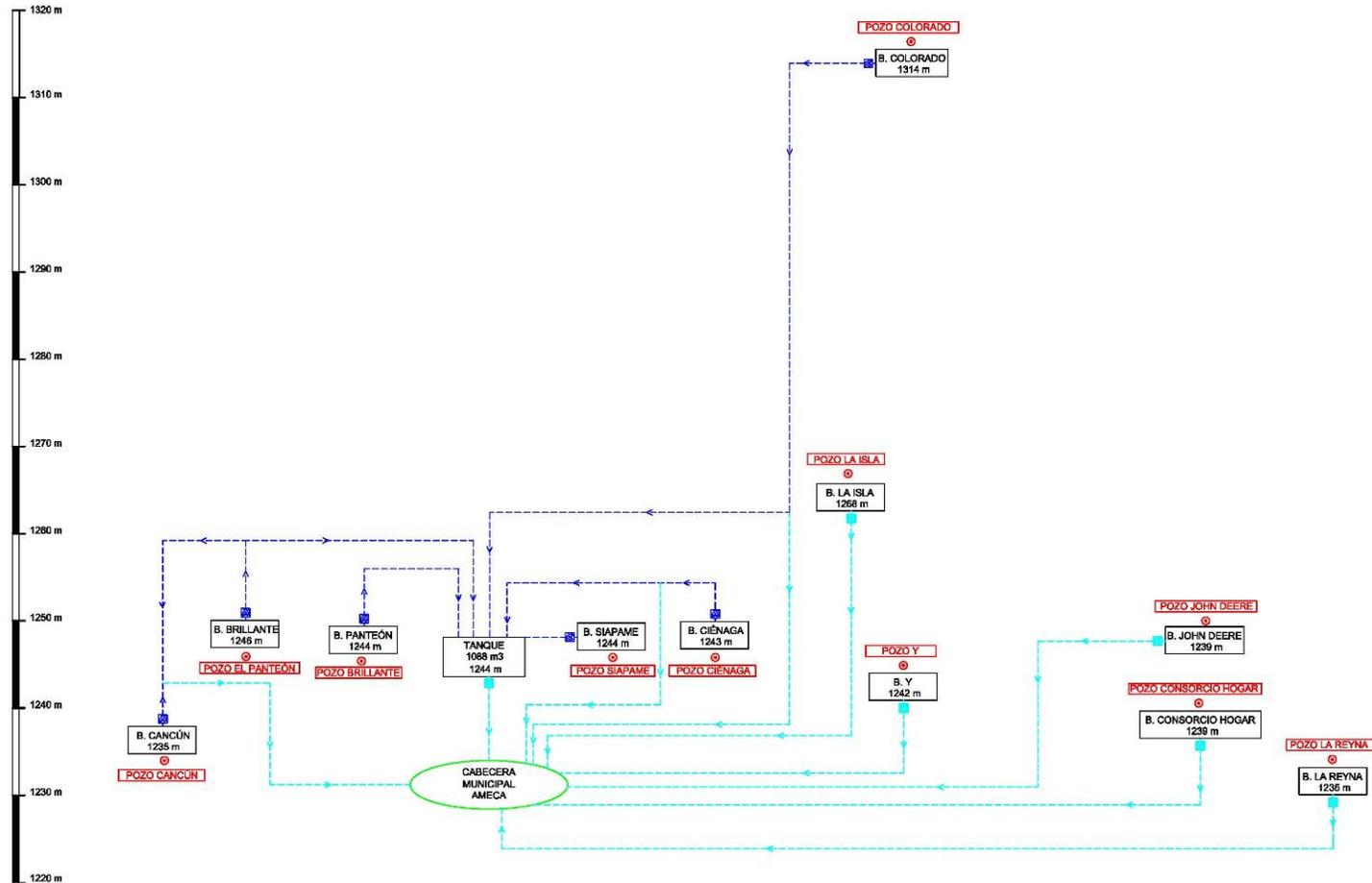
Al día siguiente cierran la válvula B4-002 y abren la B4-006, para dar agua a los fraccionamientos del centro. La válvula D4-008, en la Calle Pocito, se cierra de 5:00 A.M. a 5:00 P.M. para presurizar las líneas de la zona norte. Durante este día, se cierra la válvula 3_4-009, en la línea de salida del pozo, de 3:00 P.M. a 6:00 P.M. para dar agua a los ranchos cercanos a través de la válvula 3_4-007.

El **pozo Consorcio Hogar** suministra agua los fraccionamientos Valle Magno, Tepeyac, parte de La Ciénega y Arboledas, cruza el río y abastece también a La Loma, parte de Santa Cecilia, Colonia México y La Esperanza.

El **pozo La Reyna** abastece a las Colonias La Reyna y Rancho Corona. La válvula I6-001, en la Calle Salvador Esquer Apodaca, se cierra de 6:00 A.M. a 5:00 P.M. para dar agua a La Reyna.

El **pozo John Deere** abastece a El Manantial, San Isidro y parte de El Santuario y Santa Cecilia. La válvula H7-009, en la Calle San Isidro se cierra de 12:00 P.M. a 5:00 P.M. para dar agua a la zona de El Manantial.

Figura n° 5. Esquema hidráulico de la red



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

11. DETECCIÓN DE FUGAS

En el **Anexo n° 4: "Detección de fugas"** se resume el resultado del Plan de Localización de Fugas realizado en el municipio de Ameca dentro del *"Proyecto de Catastro de redes, localización de fugas, modelamiento hidráulico, SIG y proyecto de sectorización en las cabeceras municipales de Ameca, Talpa de Allende y Tapalpa, Jalisco"*.

La campaña de detección de fugas del Municipio de Ameca se llevó a cabo en el mes de julio de 2009 y se inspeccionaron 114.61 km de red de agua potable, en los cuales se encontraron 76 fugas. Éstas se reportaron al municipio para su posterior reparación, con un código asignado en función de la gravedad de las mismas.

- Código 1: Reparación urgente e inmediata
- Código 2: Reparación programada
- Código 3: Reparación menor (goteos)

Tras la finalización de la campaña se han podido procesar y analizar los datos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla n° 5. Clasificación de las fugas localizadas según ubicación

Tipo	N° fugas
Fuga en línea de distribución	11
Fuga en toma domiciliaria	46
Fuga en caja de operación	19
Total	76

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Tabla n° 6. Clasificación de las fugas localizadas según la técnica empleada

Tipo	N° fugas
Visual	75
Instrumentada	1
Total	76

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Tabla n° 7. Clasificación de las fugas localizadas según el código de reparación

Tipo	N° fugas
Código 1	11
Código 2	10
Código 3	55
Total	76

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Se han encontrado 11 fugas en líneas de distribución. A continuación, se hace una clasificación de éstas según el material de la tubería donde se han encontrado. Como puede observarse, la mayoría de las fugas se han encontrado en tuberías de PVC y asbesto cemento.

Tabla n° 8. Clasificación de las fugas en línea de distribución por tipo de material

Tipo	N° fugas
PVC	8
ASBESTO CEMENTO	3
ACERO	0
Total	11

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Como puede observarse en las tablas anteriores, gráfico la mayor parte de las fugas se han localizado en las tomas domiciliarias seguida por fugas en las cajas de operación de válvulas y por último en las líneas de distribución, lo que evidencia una mala instalación en las uniones y/o llegadas en la transición de vía pública a domiciliaria (tomas de llegada a las casas).

Si se calcula el número de fugas por kilómetro de red se obtiene un valor de **0.66 fugas/km** en el municipio.

12. ESTUDIO ENERGÉTICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

La eficiencia total en los equipos de bombeo depende en cierta medida de la calidad de los mismos, y más específicamente de estos hayan sido bien seleccionados y estén correctamente aplicados para las exactas condiciones del pozo en cuestión.

En el **Anexo n° 6: “Eficiencia energética”** se habla de los equipos electromecánicos instalados (equipos de bombeo y tableros de control) en los diferentes puntos de abastecimiento (pozos) que se encuentran en este municipio y se expone la importancia que tienen los mismos en cuanto a la eficiencia con que trabajan y como afecta económicamente al organismo el no contar con los equipos idóneos para el trabajo requerido.

El análisis del funcionamiento de los equipos de bombeo de los pozos y el cálculo de la eficiencia (ver datos en la Tabla n° 9) se han realizado de acuerdo con la información obtenida mediante mediciones en campo y observación directa de los equipos así como información proveniente del SIAPAME.

A continuación se presenta la siguiente tabla con los resultados de las mediciones efectuadas a los pozos productores de agua existentes en el municipio, en lo que respecta a datos tales como profundidad, diámetro de columna, así como las marcas y modelos de los equipos fueron recolectados del historial de los pozos, los cuales se recomienda que en la próxima reparación de los equipos y/o mantenimiento al pozo se pueda constatar que estos datos sean fidedignos.



Tabla n° 9. Eficiencia de los equipos actuales

Propiedades	Consortio	Ciénaga	Cancún	La Reyna	Siapame	Panteón
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	21.3 l.p.s.	16.8 l.p.s.	14.5 l.p.s.	7 l.p.s.	5.8 l.p.s.	20.4 l.p.s.
Nivel dinámico	64 mts.	86 mts.	50 mts	98 mts.	46 m.c.a.	86.5 m.c.a.
Presión manométrica	2.5 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	Kg./cm ²	1.0 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	1.5 Kg./cm ²
C.D.T.	89 m.c.a.	86 m.c.a.		108 m.c.a.	46 m.c.a.	101.5 m.c.a.
Potencia (1)	60 h.p.	60 h.p.	20 h.p.	25 h.p.	10 h. p.	60 h.p.
Tensión	453 volts	440 volts	440 volts	220 volts	220 volts	? volts
Corriente promedio	74 amperes	38.3 amperes	30.5 amps	73 amps	13 amps.	.....
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.
Profundidad (1)	.....	.....	245 mts.	150 mts.	.....	244.1 mts.
Diam. Ademe (1)	12"	12"	10"	10"	.....	12"
Diam. Columna (1)	6"	6"	6"	6"	.....	.....
Largo de columna (1)	75 mts.	120 mts.	65 mts.	105 mts.	75 mts.	mts.
Cable sumergible	3 x 2/0 AWG	2 -3 x 4 AWG	3 x 6 AWG	3 x 2 AWG	3 x 10 AWG	.....
Max. Corriente	amperes	160 amperes	65 amps	72 amps	20 amps.	.....
Marca de Bomba (1)	Grundfos	Altamira	S/M	Grundfos	s/m	.....
Modelo (1)	475S 600-6	KOR20R400/9	S/M	S/M	s/m	.....
Marca Motor (1)	Mercury	Mercury	S/M	Grundfos	s/m	.....
Modelo (1)	S/M	S / M	S/M	S/M	s/m	.....
Transformador	75 KVAR	75 KVAR	KVAR	45 KVAR	.....	.....
Arrancador	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	.....	Siemens
Tipo	K 981 T.R.	K 981 T.R.	K 981 T.R.	K 981 T.R.	.....
Capacidad	100 h.p.	60 h.p.	20 h.p.	25 h.p.	.....
Tipo de tarifa (1)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Horario de trabajo (1)	hrs.	hrs.	hrs.	hrs.	Hrs.	hrs.
Eficiencia	44.9 %	63 %	48.1 %	37.8 %	34.7 %	.....

Tabla n° 9. Eficiencia de los equipos actuales (continuación)

Propiedades	Brillante	La Isla	John Deere	Colorado	La "Y"
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	7 l.p.s.	22.3 l.p.s.	14 l.p.s.	32.3 l.p.s.	5.5 l.p.s.
Nivel dinámico	73 mts.	155 mts.	80 mts.	110 mts	29 mts.
Presión manométrica	2.0 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	1.0 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	0 Kg./cm ²
C.D.T.	93 m.c.a.	155 m.c.a.	90 m.c.a.	110 m.c.a.	29 m.c.a.
Potencia (1)	25 h.p.	60 h.p.	40 h.p.	50 h.p.	20 h.p.
Tensión	220 volts	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts
Corriente promedio	56.5 amps.	80.5 amperes	53 amperes	49.4 amps	15 amps
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.
Profundidad (1)	150 mts.	260 mts.	250 mts.	279 mts.	.....
Diam. Ademe (1)	10"	10"	12"	12"	8"
Diam. Columna (1)	6"	6"	6"	8"	4"
Largo de columna (1)	110 mts.	105 mts.	150 mts.	120 mts.	100 mts.
Cable sumergible	3 x 2 AWG	3 x 2 AWG	3 x 2 AWG	3 x 2/0 AWG	3 x 2 AWG
Max. Corriente	70 amps.	115 amperes	115 amperes	186 amps	186 amps
Marca de Bomba (1)	Grundfos	Grundfos	Medina	Grundfos	Altamira
Modelo (1)	S/M	475S 6500/7	P 82	S/M	KOR10R200/10
Marca Motor (1)	Franklin	Mercury	Medina	Franklin	Mercury
Modelo (1)	S/M	S / M	S / M	S/M	S/M
Transformador	75 KVAR	150 KVAR	75 KVAR	112.5 KVAR	30 KVAR
Arrancador	Siemens	Siemens	Siemens	Telemecanique	Siemens
Tipo	K981 T.R.	K 981 T.R.	K 981 T.R.	T.R.	Vel. Variable
Capacidad	60 h.p.	150 h.p.	100 h.p.	50 h.p.	20 h.p.
Tipo de tarifa (1)	.....	.....	.....	.....	.....
Horario de trabajo (1)	Hrs.	hrs.	hrs.	hrs.	hrs.
Eficiencia	33.2 %	74.4 %	42.1 %	56.2%	18.4 %

(1) Datos proporcionados por el organismo

Fuente: SIAPAME , Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Cabe señalar que de acuerdo a los resultados es posible mejorar la eficiencia total de los equipos con la finalidad de obtener mejores resultados económicos en lo relacionado al costo/beneficio.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 24
---	--	---------

13. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En el **Anexo n° 7: “Análisis y diagnóstico de la situación actual y futura”** se ha realizado el montaje del Modelo Matemático de Simulación Hidráulica de la Red en el ámbito del proyecto, empleando el módulo de modelización matemática del software GESTIRED GLOBAL SOLUTION © y datos de inventario y explotación procedentes de las siguientes fuentes:

- Campaña de Medición de Datos Hidráulicos llevada a cabo por Wasser Hidroingeniería de México SA de CV.
- Datos de topología de la red y base urbana del levantamiento de catastro de la red de agua potable llevado a cabo por Wasser Hidroingeniería de México SA de CV, dentro del presente proyecto.

El modelo matemático es la base que se utiliza en el cálculo hidráulico para simular diferentes estados que se producen en la red de distribución sin tener que experimentarlos físicamente. Del resultado de dichas simulaciones se extraen luego conclusiones que serán utilizadas en la planificación y gestión de la red.

En el citado **Anexo n° 7** puede consultarse la metodología adaptada que debe seguirse para el montaje, calibración y simulación del Modelo Matemático.

13.1. Montaje del modelo

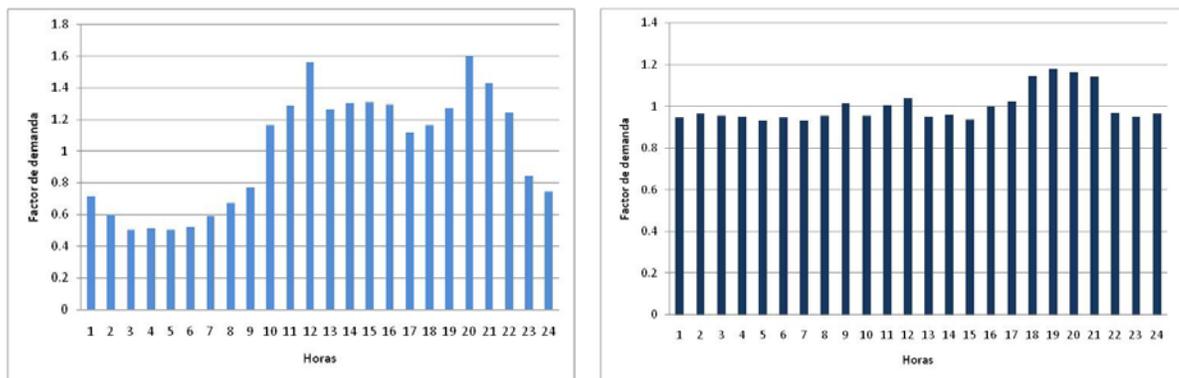
El modelo matemático de Ameca consta de 1904 tramos de tuberías, que suman un total de 116.88 km de red, y unen 1709 nudos de caudal. Comprende 11 puntos de suministro, 2 tanques de almacenamiento (uno fuera de servicio), 12 bombas, 306 válvulas de corte, 10 válvulas check y 6 válvulas reguladoras de presión.

El montaje del modelo matemático se realiza sobre la base de cartografía obtenida para el presente proyecto por Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Se enumeran a continuación de forma resumida los parámetros de montaje del modelo, recogidos con detalle en el **Anexo n° 7**:

1. Los coeficientes de rugosidad empleados para la fórmula de pérdidas de carga de Hazen Williams se han tomado de numerosas fuentes técnicas y académicas, adaptándose en función de la edad de las conducciones. Las rugosidades de las conducciones de hierro fundido, hierro galvanizado, acero y asbesto-cemento se han aumentado un 30% aproximadamente, mientras que las de PVC (más nuevas) en un 10%.
2. Para simular las fugas, se aproximan éstas a "emisores" ($q = C \times p^y$), con un exponente para la presión de 0,5 y el coeficiente de descarga ajustado en función de las presiones generales de la zona.
3. No se dispone de datos de consumo del municipio, ni total, ni distribuido, ya que no hay micromedidores en las viviendas. Para asignar los consumos en el modelo se han realizado mediciones de caudal a la salida de los distintos pozos y el tanque que forman parte del sistema de abastecimiento del municipio, estimándose la aportación total al sistema de esta manera, incluyendo fugas y tomas clandestinas. Se ha supuesto que un 40% de ese caudal medido se corresponde con fugas y el 60% restante al consumo de los usuarios.
4. Gracias a la amplia campaña de medición llevada a cabo, se ha asignado un patrón de consumo tipo, obtenido como media de los patrones de consumo experimentales medidos en muchos sectores de la red.

Figura n° 6. Curvas de modulación de la demanda



Fuente: Campaña de mediciones de Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

5. Para simular los bombeos, en la mayoría de los casos se utilizaron las mediciones de caudales y presiones realizadas en campo, ya que la mayoría de

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 26
---	--	---------

los equipos no están funcionando a potencia nominal, debido a su antigüedad y al modo de operación de la red.

6. Con objeto de simular el llenado de tanques, se ha creado un artificio de simulación consistente en una serie de válvulas (reductora, generales, etc.), en las cuales las pérdidas de carga van aumentando en función del nivel de llenado del tanque, simulando una válvula de flotador, más cercana a la realidad.
7. Una característica de la red de abastecimiento de Ameca es la necesidad de regular el flujo y/o presión de la red, utilizando diferentes niveles de apertura de válvulas. Para ello, cada fabricante de válvulas, en sus especificaciones técnicas, aporta el factor Cv. El Cv (Coeficiente de Volumen) es el número de Galones por minuto de agua requeridos para pasar a través de una válvula con una caída de presión de 1 psi. Generalmente los fabricantes aportan tablas con ese coeficiente en función de su grado de apertura y diámetro de la válvula. En el caso de Ameca, no se conoce la marca comercial de estas válvulas, por lo cual se ha realizado una tabla con Cv medio, en función de los datos de diferentes fabricantes. Con este Cv se elaboran las curvas de pérdida de carga en válvulas reguladas, para cada diámetro de válvula y en función del grado de apertura.

13.2. Calibración

Una vez montado el modelo teórico, se procede a su calibración y posterior ajuste de parámetros, para que la simulación se aproxime lo más posible a la realidad. En el caso del modelo matemático de Ameca, se ha efectuado una macrocalibración, en la que se comprueba que las magnitudes de presión y caudal obtenidos en los puntos más relevantes del sistema (tanques, bombes, etc.) siguen los rangos de funcionamiento que se dan en la realidad.

Posteriormente se ha llevado a cabo un proceso de microcalibrado, consistente en cotejar mediciones y valores calculados bajo las mismas condiciones de contorno y hacer que ambos presenten la menor disparidad posible mediante ajustes en el modelo. Tras dicho proceso obtendremos un modelo fiable que nos permitirá analizar nuestra red y tomar decisiones.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 27
---	--	---------

13.3. Simulación

Habitualmente, el modelo matemático obtenido tras la calibración de una red de abastecimiento se somete a una serie de hipótesis de funcionamiento para poder observar el comportamiento de las magnitudes hidráulicas en todo el sistema. En concreto, es habitual proceder a la simulación y comprobación del funcionamiento hidráulico en hipótesis de caudal medio y también en hipótesis extremas (caudales máximos y mínimos), con objeto de comprobar que si su comportamiento en estas situaciones es correcto también lo será en el resto de escenarios.

En caso de la red de abastecimiento de Ameca, especialmente en la situación actual, **no puede estudiarse el modelo matemático completo o agregado de la red por el método de hipótesis de funcionamiento habituales debido a que el abastecimiento de la red no es continuo, sino intermitente**, lo cual obliga a parte de la población a abastecerse de agua en horarios no habituales (zonas en las que tan solo se tiene agua de noche), invalidando cualquier hipótesis de caudal mínimo nocturno (el cual, en gran parte de la bibliografía existente, se vincula a las fugas del sistema).

Otra de las razones de la imposibilidad del estudio de hipótesis habituales es el procedimiento operativo de la red, detallado el **Anexo nº 3: "Inventario y funcionamiento del Sistema"**, debido al cual diferentes zonas de la red de abastecimiento tienen caudales máximos en horarios no "habituales", a consecuencia del cierre y apertura de diferentes válvulas.

Debido a estas razones se opta por analizar el estado de la red de forma horaria, en cuanto al nivel de presiones y abastecimiento actuales. En Ameca se ha realizado una simulación del sistema de abastecimiento durante un periodo de 48 horas debido al modo de operación del mismo, ya que se suministra agua mediante tandeos en algunos casos diarios y en otros cada tercer día. De este modo, se ha estudiado la red bajo todas las condiciones de operación.

Los resultados de la simulación general se recogen en el **Anexo nº 7**, con la presentación de las curvas isométricas de presión en las distintas horas. En la siguiente figura se muestra la distribución de presiones las zonas sin agua y con problemas de baja presión en el intervalo que va de las 00:00 a las 02:00 A.M. del día 1, cuando se dan los mayores valores de presión, y a las 10:00 P.M. del día 1, que coincide con unos de los periodos en los que el rebombeo del tanque está apagado y la zona centro se queda sin suministro de agua.

Figura nº 7. Isométricas de presión



Día 1: 00:00 – 02:00 A.M.

Día 1: 10:00 P.M.

Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

13.4. Conclusiones

La red de abastecimiento del municipio de Ameca tiene debilidades en cuanto a su garantía de abastecimiento e intermitencia del suministro, debido principalmente al gran volumen de agua no controlada (fugas y tomas clandestinas).

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 29
---	--	---------

En ningún momento se suministra agua a todos los usuarios del municipio. El caso más destacable es el de la zona centro del municipio que permanece sin suministro de agua cuando el rebombeo del tanque existente se apaga. Esta maniobra es necesaria para permitir el llenado del tanque.

Aún cuando se dan las mejores condiciones en cuanto a valores de presión se refiere (horas de menor consumo y rebombeo encendido) se observan presiones por debajo del valor mínimo recomendado por la CONAGUA (10 m.c.a.) en muchas zonas del municipio, fundamentalmente en el sur y en las colonias abastecidas por el pozo La Y.

14. MEJORAS PROPUESTAS

Las recomendaciones que se presentan en este punto son el resultado del estudio del estado y funcionamiento del sistema de abastecimiento del municipio de Ameca.

A partir de la información recabada en el SIAPAME y los trabajos de Inventario y Medición llevados a cabo dentro del presente Proyecto, se ha establecido la situación en la que se encuentra el sistema, procediendo a continuación a realizar una serie de recomendaciones que optimicen su funcionamiento.

Este proceso abarca dos niveles de planificación: estratégica y táctica.

- La **planificación estratégica**, con un enfoque a corto y mediano plazo, Son aquellas acciones directamente vinculadas a las infraestructuras de la red de abastecimiento, que buscan atender las demandas actuales y futuras. Para su implantación, será necesaria la inversión y construcción de nuevas infraestructuras, así como realizar cambios importantes en el sistema de explotación.

Debido a la fuerte inversión que supone la implantación de todas las mejoras estratégicas propuestas, y también a la puesta en marcha de un nuevo pozo a corto plazo, **se plantea la implantación de estas mejoras en dos fases**. La primera de ellas se hace teniendo en cuenta las fuentes de suministro actuales, mientras que la segunda y definitiva se hace considerando el nuevo pozo que se

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 30
---	---	---------

pondrá en servicio en los próximos meses. Mediante el uso de un modelo matemático, se analiza el funcionamiento del sistema tras la implantación de las mejoras tanto de la fase I como de la fase II.

- La **planificación táctica** se orienta igualmente a mediano plazo y al uso de los recursos existentes para dar una respuesta adecuada a las demandas actuales y futuras. Las medidas que se proponen son a nivel de gestión, mejorando la planificación del servicio y la gestión departamental.

A continuación se describen las mejoras propuestas para optimizar el sistema de abastecimiento de Ameca.

14.1. Resumen de problemas detectados en el sistema actual

El sistema actual de abastecimiento de Ameca presenta numerosos problemas, entre los que podemos destacar los siguientes:

- Escasez de presión en las zonas más altas situadas al norte y al sur del municipio.
- En parte de la red, el suministro de agua se realiza mediante bombeo directo desde la fuente de suministro. Este es el caso de los pozos Brillante, Cancún, La Isla, El Colorado, La Ciénaga, La Y, John Deere, Consorcio Hogar y la Reyna.
- Necesidad de sistema de tandeos para atender las demandas de la red lo que obliga a realizar numerosas maniobras diarias.
- Más de la mitad de las conducciones son de asbesto cemento material que se considera inadecuado y debe ser sustituido.
- Multitud de tuberías con tapón o fondos de saco lo que conlleva problemas de falta de suministro por cortes y fallas. Además en estas zonas ramificadas, el tiempo de retención del agua es mayor lo que va en detrimento de la calidad del agua.
- Mala calidad del agua del pozo John Deere, situado al sur del municipio.
- Poca capacidad de almacenamiento de agua, lo que implica una escasa garantía de suministro.

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>MEMORIA</p>	<p>Pág. 31</p>
---	--	----------------

Las medidas propuestas van encaminadas a reformar por completo el funcionamiento del sistema actual de abastecimiento, de tal forma que no sea necesario un sistema de tandeos para asegurar el suministro de agua a presión adecuada. Además se pretende mejorar la calidad del agua suministrada y reducir las pérdidas de agua por fugas.

Las medidas propuestas son principalmente las siguientes:

- División de la red en sectores independientes, abastecidos desde tanques.
- Eliminación de los bombeos directos a red y transporte del agua desde las distintas fuentes de suministro a los tanques de agua
- Construcción de un tanque superficial de 600 m³ al norte del municipio y un tanque elevado de 200 m³ al oeste.
- Puesta en funcionamiento del tanque elevado existente en la urbanización La Reyna.
- Sustitución de las conducciones de asbesto cemento
- Eliminación de finales de tubería. Se cerrarán los circuitos de la red en la medida de lo posible para evitar los problemas de falta de suministro por cortes, fallas, etc y evitar el estancamiento del agua. Además este cierre de circuitos de la red, mejora el funcionamiento hidráulico de la misma.

14.2. Mejoras estratégicas

14.2.1. FASE I

14.2.1.1. Construcción del tanque Norte

Se trata de un tanque superficial, de 600 m³ de capacidad que se construirá junto al pozo la Isla a una cota de 1268 m.s.n.m.

Las fuentes de suministro de este tanque son los pozos El Colorado y la Isla. Será necesario instalar las conducciones de transporte de agua desde los pozos al tanque.

Tabla n° 10. Conducciones de transporte

Conducción	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Transporte desde el Pozo El Colorado	150	1963
Transporte desde el Pozo La Isla	100	51

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Las longitudes de estas tuberías se pueden ver modificadas en función de la ubicación final del tanque.

14.2.1.2. Puesta en servicio del tanque elevado de la Reyna

Se pondrá en funcionamiento el tanque existente en la Colonia La Reyna. Se trata de un tanque elevado de 15 m de altura y 50 m³ de capacidad. Estos datos son aproximados ya que el organismo no dispone de información referente a este tanque.

Para que el agua alcance la altura necesaria para llenar el tanque es necesario cambiar la bomba sumergible del pozo. Esto ya se ha tenido en cuenta a la hora de proponer nuevos equipos en el **Anexo n° 6: "Eficiencia electromecánica"**.

14.2.1.3. Sectorización de la red de distribución

Los objetivos que persigue esta operación de sectorización son:

- Independizar las zonas de abastecimiento, realizando las maniobras de cierre de válvulas. De esta forma se mejora el control sobre los parámetros hidráulicos y la independencia entre las distintas zonas de abastecimiento, de modo que al proceder a la reparación de un determinado sector, cuando se produzcan problemas de funcionamiento, estas operaciones no afecten al resto de la red.
- Al tener la red independizada se pueden localizar fugas de un modo más rápido y eficaz, mediante la maniobra de las válvulas que determinan un sector determinado. De este modo, se irán acotando las fugas y su reparación no incide sobre la red perteneciente a otro sector.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 33
---	--	---------

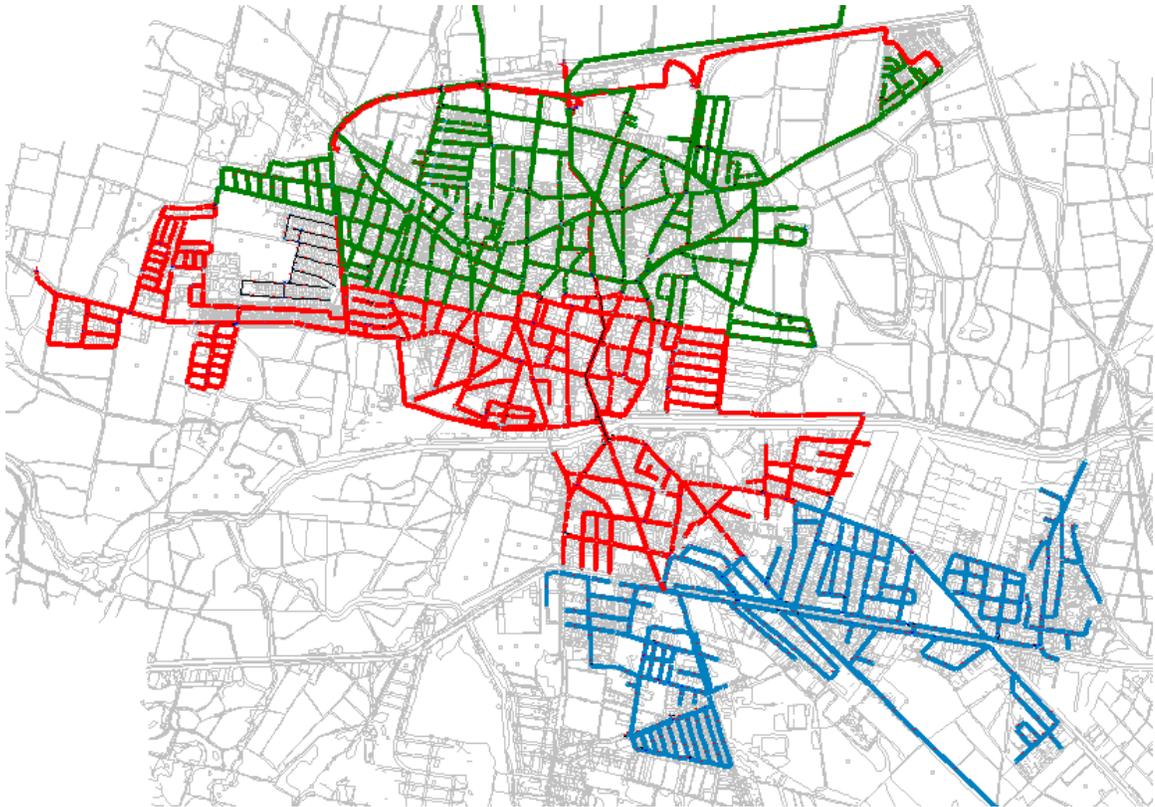
- Mejora del control operacional del sistema de abastecimiento, pudiendo racionar agua en determinado momento a determinados sectores, con el fin de mejorar la distribución o atender casos de emergencia.

La sectorización propuesta en esta primera fase, de acuerdo a los resultados obtenidos de la modelización matemática, divide la red en tres sectores:

1. **Sector Norte:** se abastecerá desde el tanque Norte, por gravedad. Las fuentes de suministro de este Sector serán los pozos La Isla y El Colorado. Tiene una longitud de 46.00 km y cuenta con una entrada, que es la conducción de salida desde el tanque nuevo Norte de diámetro 250 mm.
2. **Sector Centro:** se abastece desde el tanque de almacenamiento existente y sus fuentes de suministro son los pozos Cancún, Panteón, Brillante, Ciénega, La Y, Siapame, y Consorcio Hogar. Tiene una longitud de 40.65 km y cuenta con una única entrada, que es la conducción de salida del tanque Siapame, de diámetro 300 mm.
3. **Sector Sur:** se abastece desde el tanque elevado de La Reyna, que actualmente se encuentra fuera de servicio y que será abastecido desde el pozo La Reyna y mediante bombeo directo desde el pozo John Deere. Tiene una longitud de 30.35 km y cuenta con dos entradas: la salida del tanque elevado La Reyna de diámetro 200 mm y la salida del pozo John Deere, de diámetro 300 mm.

Estos sectores se muestran en el **Plano n° 5: "Sectorización de la red-Fase I"**.

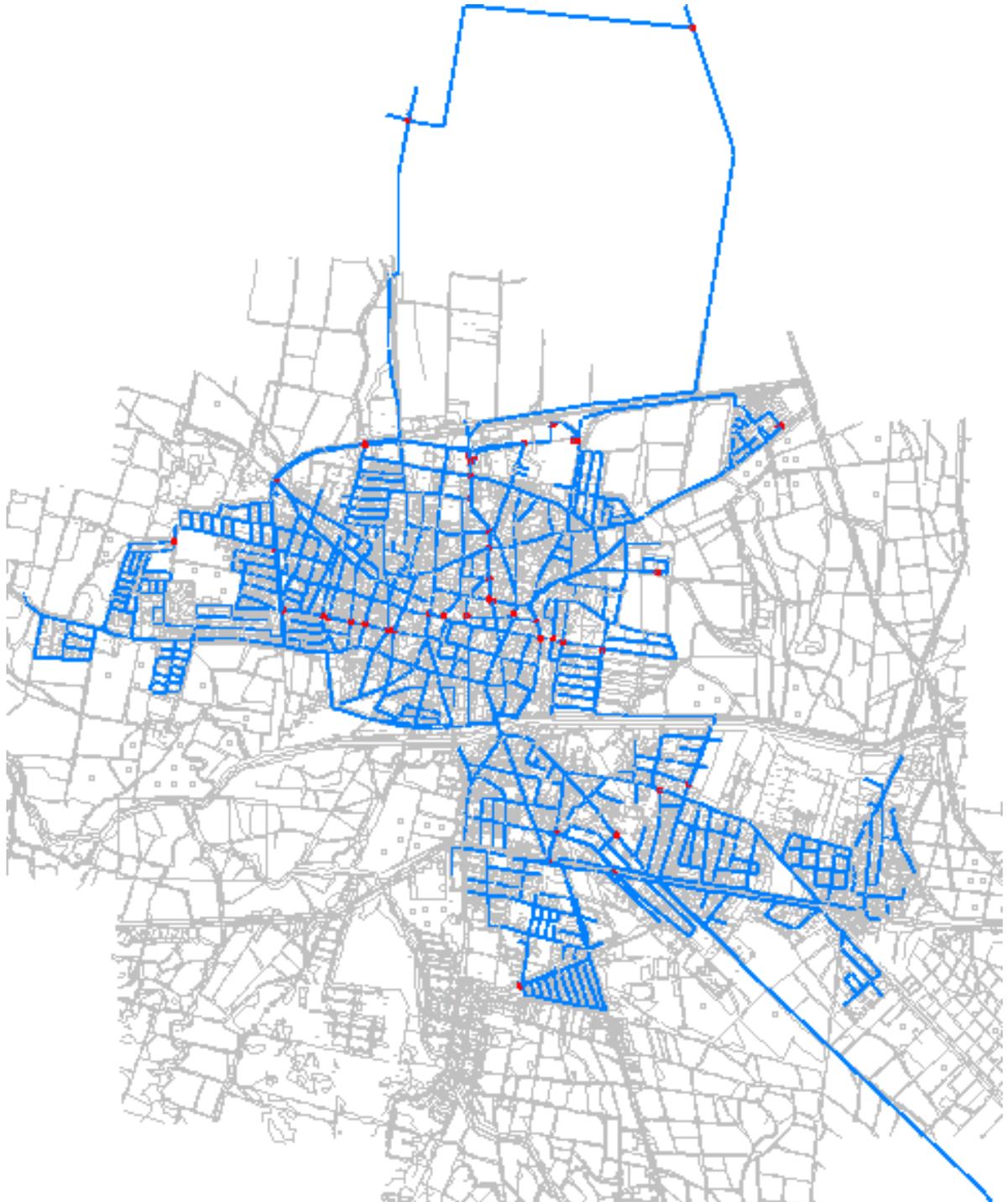
Figura n° 8. Sectores propuestos – Fase I



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Para llevar a cabo esta sectorización es necesario cerrar 57 válvulas de corte, de las cuales 24 son de nueva instalación, situadas tal y como se indica en la siguiente figura.

Figura n° 9. Válvulas de corte cerradas – Fase I



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

En la siguiente tabla se indican las válvulas que deben permanecer cerradas, identificándolas mediante la clave de campo incluida en Gestired Global Solution ©, así como los sectores que separan cada una de ellas.

Tabla n° 11. Válvulas de sectorización - Fase I

CLAVE DE CAMPO	DIÁMETRO (mm)	SECTORES		
		Norte	Centro	Sur
3_4-009	200			
B4-003	250			
B6-002	100			
B8-006	150			
C3-002	150			
C5-001	250			
C5-002	250			
C5-004	250			
C5-007	100			
C5-008	150			
C5-010	250			
C5-023	200			
D2_002	75			
D2_003	75			
D3_005	200			
D5-014	100			
D5-015	150			
D5-017	75			
D5-018	75			
D5-022	75			
D7-001	150			
E4-001	150			
E5-002	150			
E5-003	75			
E5-009	75			
E6-004	100			
G7-001	150			

CLAVE DE CAMPO	DIÁMETRO (mm)	SECTORES		
		Norte	Centro	Sur
G7-003	75			
H6-004	200			
H6-008	200			
H6-011	100			
H6-012	100			
J5-001	100			
N01	100			
N02	250			
N03	100			
N04	75			
N05	75			
N06	75			
N07	75			
N08	75			
N09	100			
N10	150			
N11	100			
N12	75			
N13	100			
N14	75			
N15	200			
N16	75			
N17	150			
N18	150			
N19	150			
N20	75			
N21	150			
N22	150			
N23	250			
N24	150			

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Veinticuatro de estas válvulas de corte necesarias para la sectorización son de nueva instalación (aquellas con clave de campo N-):

Tabla n° 12. Válvulas nuevas a instalar - Fase I

Diámetro (mm)	Tipo	Número
75	Compuerta	9
100	Compuerta	5
150	Compuerta	7
200	Compuerta	1
250	Compuerta	2
TOTAL		24

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Para lograr una correcta implementación de la sectorización y aumentar la garantía de suministro cumpliendo con los estándares de calidad marcados por las recomendaciones de la CONAGUA, es necesaria la ejecución de algunas obras que eliminan estrangulamientos en el interior de los sectores, o bien cierran circuitos de la red para mejorar la distribución de las presiones.

En esta primera fase se sustituirán las tuberías de asbesto cemento cuyo diámetro se ha previsto aumentar para mejorar el funcionamiento de la red. Además se eliminarán los fondos de saco situados en zonas donde no se vayan a reemplazar las tuberías o los que se consideran fundamentales para mejorar el funcionamiento de la red. Todas las tuberías instaladas en la red de distribución serán de polietileno.

En la siguiente tabla se detallan las longitudes de tubería a instalar en cada sector por diámetros.

Tabla n° 13. Tuberías nuevas a instalar por sector en la Fase I

Sector	Concepto	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)
CENTRO	Tubería nueva para sectorización	150	PAD	1346,52
	Eliminación de finales de tubería	63	PAD	11,62
		75	PAD	364,35
		100	PAD	222,46
Total Sector CENTRO				1944,94
NORTE	Cambio de diámetro	150	PAD	269,32
	Tubería nueva para sectorización	75	PAD	137,95
		100	PAD	85,63
		150	PAD	2009,05
		250	PAD	657,33
	Eliminación de finales de tubería	75	PAD	628,48
		100	PAD	466,88
150		PAD	14,54	
Total Sector NORTE				4269,19
SUR	Tubería nueva para sectorización	100	PAD	4,67
	Eliminación de finales de tubería	50	PAD	1,54
		75	PAD	610,49
		100	PAD	338,50
Total Sector SUR				955,21
Total general				7169,33

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

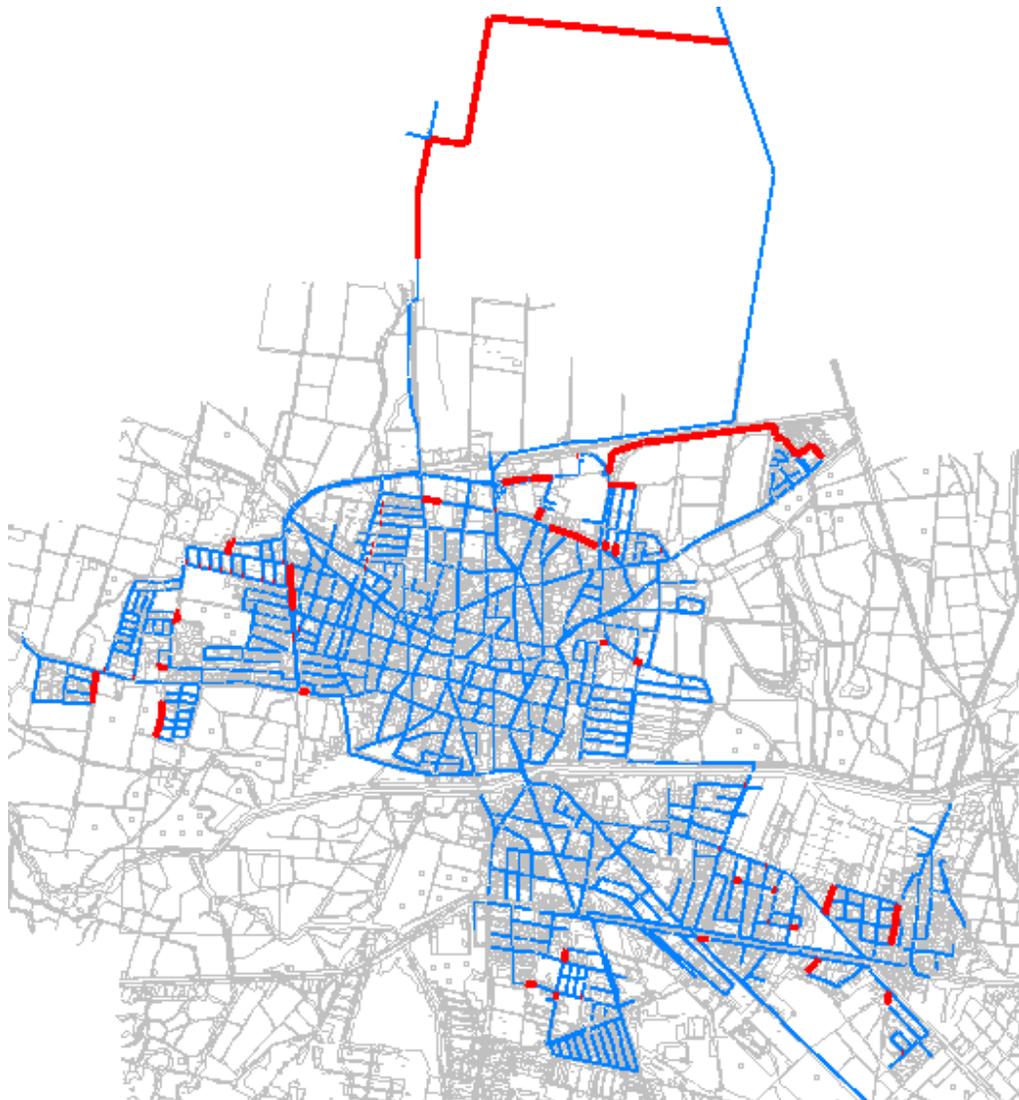
El 59 % de la longitud de tubería a instalar en esta fase se debe a la implantación de la sectorización propuesta que incluye la instalación de tuberías de transporte desde los pozos a los tanques para evitar el bombeo directo a la red de distribución. El resto son eliminaciones de finales de tubería y aumentos de diámetro para mejorar el funcionamiento de la red.

Tabla n° 14. Resumen de tuberías a instalar en la Fase I

Causa	Longitud (m)	Porcentaje (%)
Sectorización	4241.15	59.16
Aumento de diámetro y cambio de material	269.32	3.76
Eliminación de finales de tubería	2658.86	37.09
Longitud total (m)	7169.33	

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Figura n° 10. Tuberías a instalar en la Fase I



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Estas líneas nuevas se muestran con más detalle en el **Plano n° 6: “Mejoras propuestas-Fase I”**.

14.2.2. FASE II

En la actualidad se está perforando un nuevo pozo situado al oeste, junto a la Unidad Deportiva, que se prevé que se ponga en servicio a corto plazo. La puesta en marcha de esta nueva fuente de abastecimiento permitirá dejar de utilizar el pozo John Deere, que tiene problemas de contaminación.

Figura n° 11. Perforación del nuevo pozo en la Unidad Deportiva



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Se construirá junto a este pozo un tanque elevado desde el que se abastecerá un nuevo sector que denominaremos Oeste y modificándose la sectorización planteada en la fase I.

14.2.2.1. Construcción del tanque Oeste

Junto al pozo de nueva construcción situado en la Unidad Deportiva se construirá un tanque elevado, de 20 m de altura y 200 m³ de capacidad. El agua extraída del pozo se bombeará directamente a este tanque. Hay que tener en cuenta que la bomba a instalar debe ser capaz de bombear agua a este tanque elevado.

14.2.2.2. Nuevo rebombeo del sector Centro

Debido a la inclusión de parte de la zona sur en este sector, se hace necesario aumentar la altura de bombeo desde el tanque existente. La altura de bombeo debe estar regulada en función del caudal de forma que no se someta a la red a una presión excesiva cuando trabaja con caudales bajos ni se tengan problemas de falta de presión a caudal punta.

Tabla n° 15. Regulación de altura de bombeo en función del caudal

Caudal (m ³ /h)	Altura de bombeo (m.c.a)
Medio del sector: 170	15
Punta del sector: 250	25

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

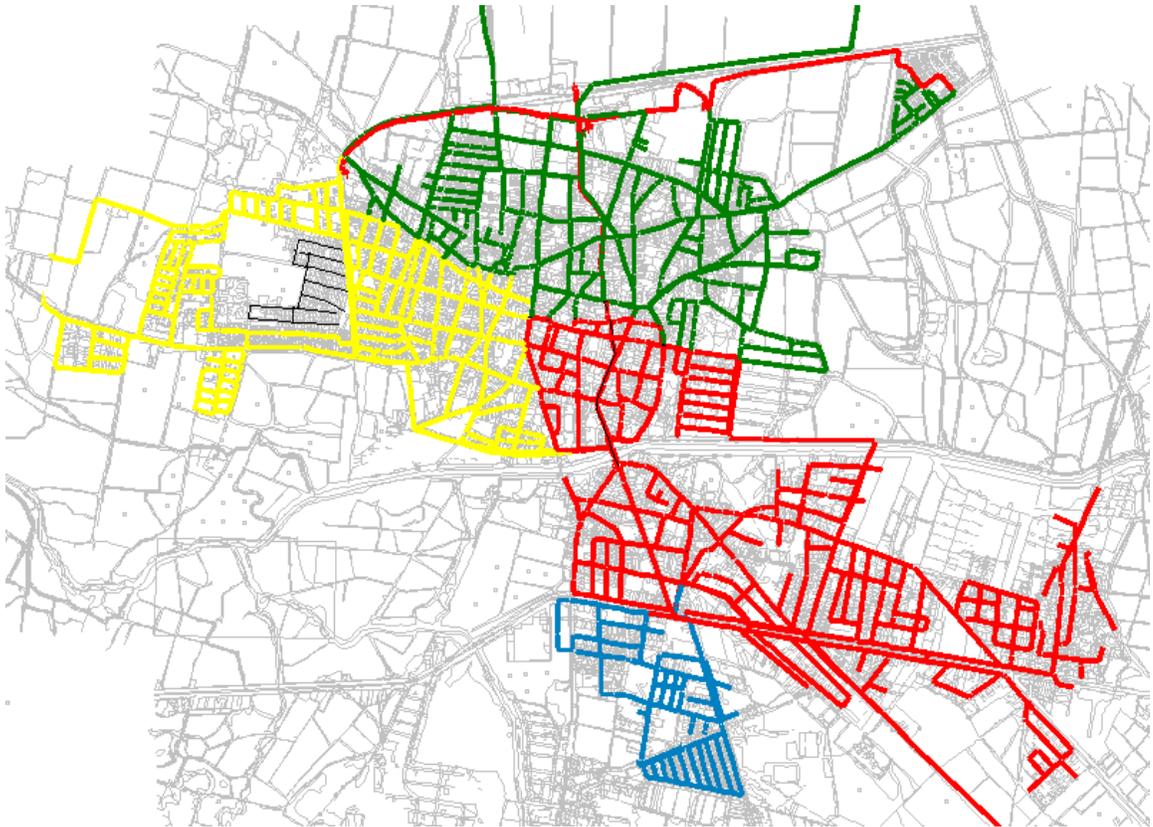
14.2.2.3. Sectorización de la red de distribución

Los sectores resultantes tras la implantación de la Fase II son:

1. **Sector Norte:** se abastece por gravedad desde el tanque Norte construido en la Fase I. La zona abastecida se reduce en la zona oeste del Sector que pasa a abastecerse desde el nuevo tanque elevado.
2. **Sector Oeste:** se abastece por gravedad desde el tanque elevado Oeste de nueva construcción. La fuente de suministro de este tanque será el Pozo Unidad Deportiva.
3. **Sector Centro:** Este sector se abastece desde el tanque existente en la actualidad. Con respecto a la Fase I se reduce la superficie abastecida por la zona oeste, pero se incluye dentro de este la zona Sur que en la Fase I se abastecía directamente desde el pozo John Deere. Esta zona presenta cotas altas, especialmente en la Colonia Esperanza, lo que obliga a aumentar el bombeo a la salida del tanque.
4. **Sector Sur:** El Sector Sur queda reducido a la zona abastecida desde el tanque elevado de La Reyna.

Estos sectores se muestran en el **Plano n° 7: "Sectorización de la red-Fase II"**.

Figura n° 12. Sectores propuestos – Fase II

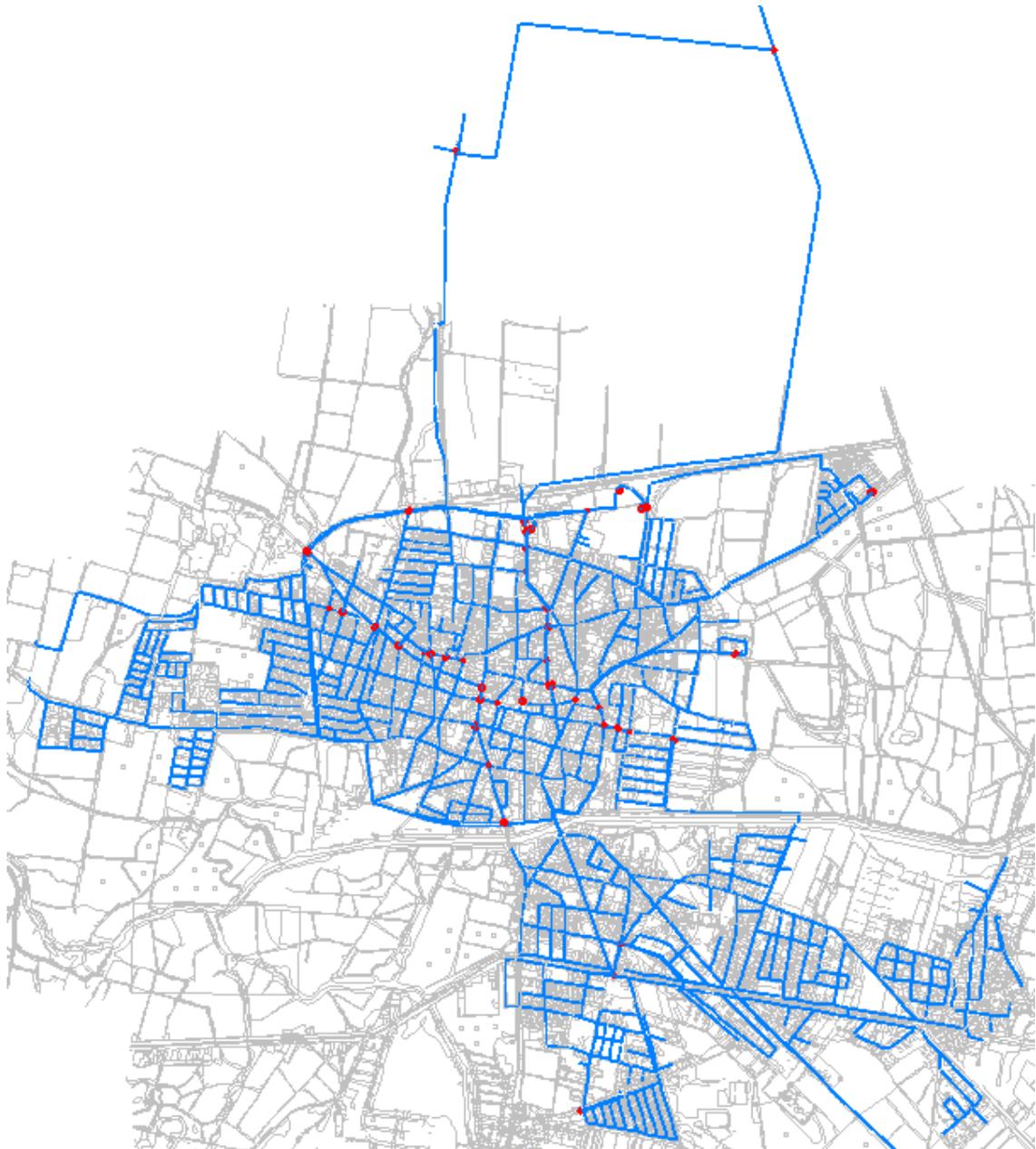


Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

14.2.2.3.1 Conformación de los sectores

Para llevar a cabo esta sectorización es necesario cerrar 56 válvulas de corte, de las cuales 8 son de nueva instalación, situadas tal y como se indica en la siguiente figura.

Figura n° 13. Válvulas de corte cerradas – Fase II



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

En la siguiente tabla se indican las válvulas que deben permanecer cerradas, identificándolas mediante la clave de campo incluida en Gestired Global Solution ©, así como los sectores que separan cada una de ellas.

Tabla n° 16. Válvulas de sectorización – Fase II

CLAVE DE CAMPO	DIÁMETRO (mm)	SECTORES			
		Norte	Centro	Oeste	Sur
3_4-009	200				
B4-003	250				
B6-002	100				
B8-006	150				
C3-002	150				
C5-001	250				
C5-002	250				
C5-004	250				
C5-007	100				
C5-008	150				
C5-010	250				
C5-023	200				
D4-006	75				
D4-014	75				
D4-017	75				
D5-014	100				
D5-015	150				
D5-017	75				
D5-018	75				
D5-022	75				
D7-001	150				
E4-001	150				
E4-003	75				
E4-010	75				
E4-011	75				
E5-002	150				
E5-003	75				
E5-009	75				
E6-004	100				
H6-007	250				
H6-011	100				

CLAVE DE CAMPO	DIÁMETRO (mm)	SECTORES			
		Norte	Centro	Oeste	Sur
J5-001	100				
M10-004	150				
N02	250				
N08	75				
N09	100				
N10	150				
N11	100				
N12	75				
N15	200				
N16	75				
N17	150				
N18	150				
N19	150				
N21	150				
N22	150				
N23	250				
N24	150				
N25	75				
N26	100				
N27	150				
N28	100				
N29	75				
N30	300				
N31	75				
N32	75				

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Ocho de estas válvulas de corte necesarias para la sectorización son de nueva instalación (aquellas con clave de campo N-):

Tabla n° 17. Válvulas nuevas a instalar - Fase II

Diámetro (mm)	Tipo	Número
75	Compuerta	4
100	Compuerta	2
150	Compuerta	1
300	Compuerta	1
TOTAL		8

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Para lograr una correcta implementación de la sectorización y aumentar la garantía de suministro cumpliendo con los estándares de calidad marcados por las recomendaciones de la CONAGUA, es necesaria la ejecución de algunas obras que eliminan estrangulamientos en el interior de los sectores, o bien cierran circuitos de la red para mejorar la distribución de las presiones.

En esta fase se incluyen todas las sustituciones de tuberías de asbesto cemento por líneas de polietileno, así como las líneas necesarias para la nueva sectorización y la eliminación de finales de tubería. En la siguiente tabla se detallan las longitudes de tubería a instalar en cada sector por diámetros.

Tabla n° 18. Tuberías nuevas a instalar por sector en la Fase II

Sector	Concepto	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)
CENTRO	Cambio diámetro	150	PAD	501.31
		200	PAD	562.78
	Sustitución de tuberías de asbesto cemento	50	PAD	1242.46
		75	PAD	8183.65
		100	PAD	2736.28
		150	PAD	2585.40
		200	PAD	2313.34
		250	PAD	1382.93
		315	PAD	1077.37
		300	HIERRO DUCTIL	28.85
	Eliminación de finales de tubería	75	PAD	361.87
		100	PAD	532.87
Total sector CENTRO				21509.10
NORTE	Sustitución de tuberías de asbesto cemento	50	PAD	0.69
		63	PAD	1.32
		75	PAD	7178.67
		100	PAD	2196.16
		150	PAD	3028.95
		200	PAD	280.60
		250	PAD	2264.86
		315	PAD	1136.21
	Eliminación de finales de tubería	75	PAD	95.61
		100	PAD	20.86
Total sector NORTE				16203.90
OESTE	Sustitución de tuberías de asbesto cemento	75	PAD	6747.65
		100	PAD	1591.12
		150	PAD	717.46
		200	PAD	722.08
		315	PAD	480.24
	Tubería nueva para sectorización	250	PAD	1032.26
		250	HIERRO DUCTIL	30.00
	Eliminación de finales de tubería	75	PAD	259.03
		100	PAD	13.03
Total sector OESTE				11592.87



Sector	Concepto	Diámetro (mm)	Material	Longitud (m)
SUR	Sustitución de tuberías de asbesto cemento	75	PAD	1154.43
		100	PAD	1680.02
		150	PAD	830.76
	Eliminación de finales de tubería	100	PAD	250.81
Total sector SUR				3916.02
TOTAL				53221.89

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

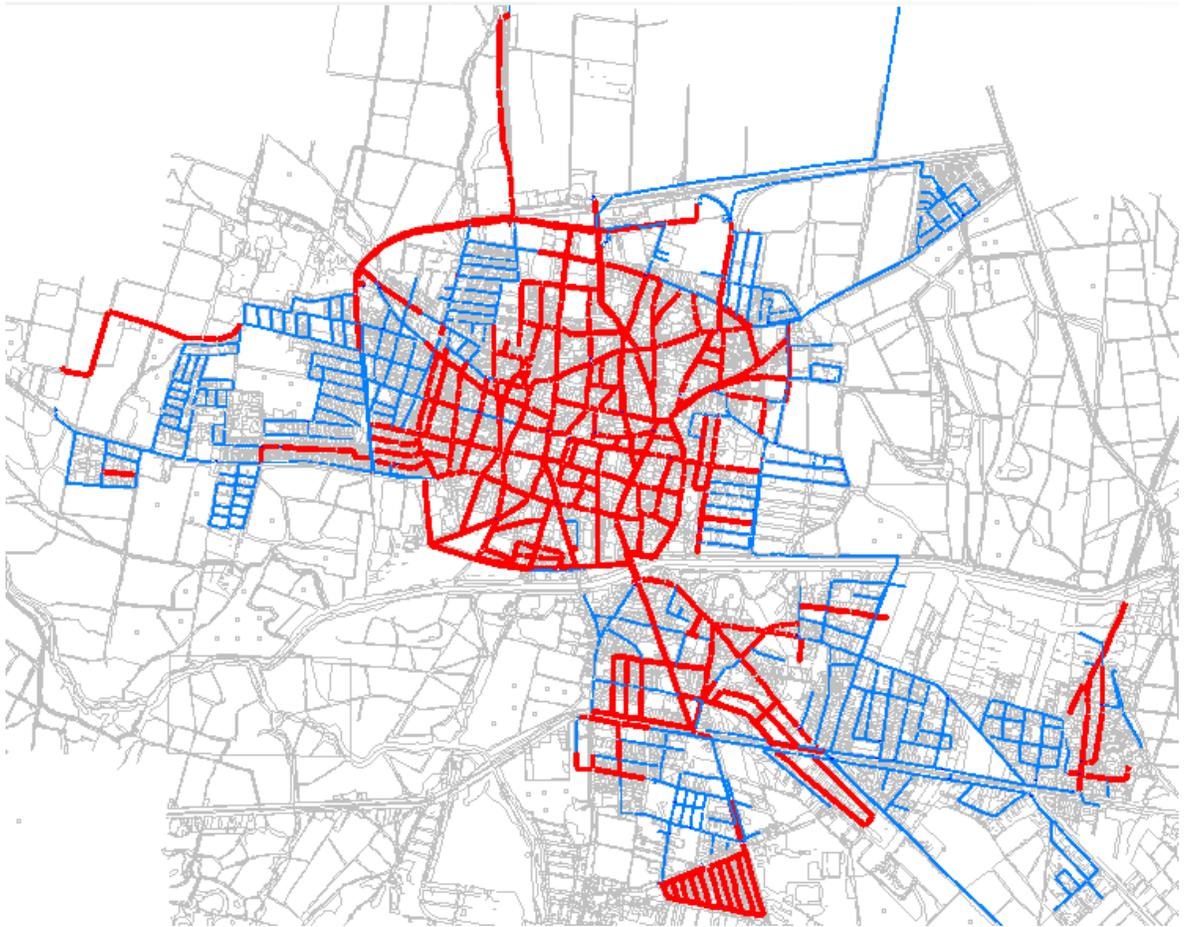
Más del 93 % de la longitud de tubería a renovar se debe a la sustitución del fibrocemento, el resto son eliminaciones de finales de tubería, aumentos de diámetro para mejor funcionamiento de la red y la nueva conducción desde el depósito nuevo elevado.

Tabla n° 19. Resumen de tuberías a instalar en la Fase II

Causa	Longitud (m)	Porcentaje (%)
Cambio de diámetro	1064.08	2.00
Sectorización	1062.26	2.00
Sustitución de tuberías de asbesto cemento	49561.48	93.12
Eliminación de finales de tubería	1534.07	2.88
Longitud total (m)	53221.89	

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Figura n° 14. Tuberías a instalar en la Fase II



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Estas líneas nuevas se muestran con más detalle en el **Plano n° 6: “Mejoras propuestas-Fase II”**.

14.2.2.3.2 Descripción de los sectores y alternativas de suministro

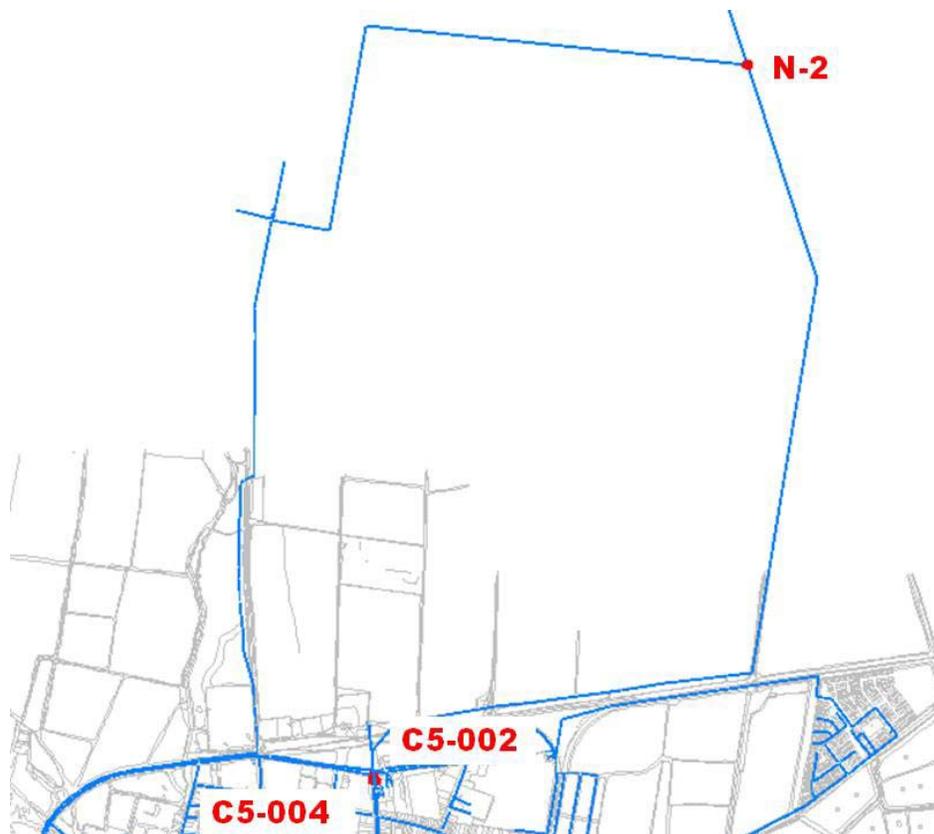
Sector Norte

Este sector se encuentra en la zona norte del municipio. Tiene una longitud de 37.56 km y cuenta con una entrada, que es la conducción de salida desde el tanque nuevo Norte de diámetro 250 mm.

Se han estudiado también las alternativas de suministro al sector ante posibles fallas que pudieran darse en la entrada del sector, para garantizar el abastecimiento a los usuarios.

Si se produce una falla en la conducción de entrada al sector este puede ser abastecido directamente desde el Pozo El Colorado. Para ello sería necesario abrir las válvulas N2, C5-002 y C5-004, situadas donde se indica en la siguiente figura.

Figura n° 15. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Norte



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Sector Centro

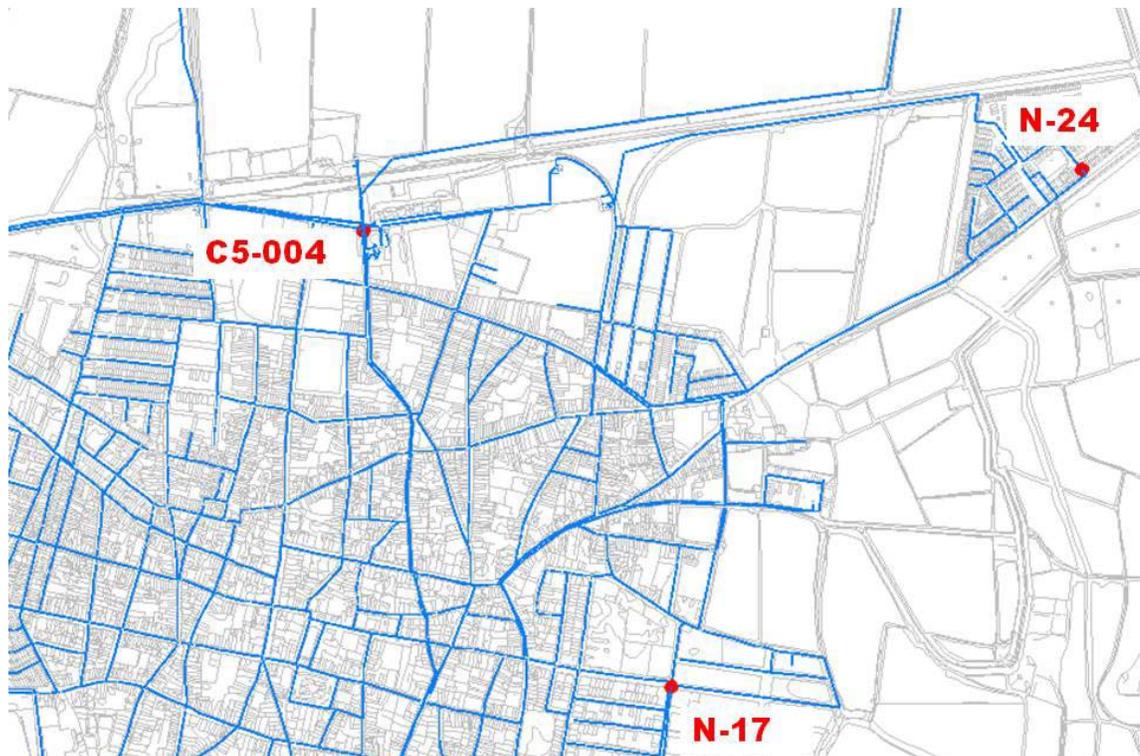
Este sector está formado por la zona centro del municipio y se abastecerá desde el tanque existente en las instalaciones del Siapame. El sector Centro tiene una longitud

de 48.05 km y cuenta con una única entrada, que es la conducción de salida del tanque Siapame, de diámetro 300 mm.

Se han estudiado también las alternativas de suministro al sector ante posibles fallas que pudieran darse en la entrada del sector, para garantizar el abastecimiento a los usuarios.

Si se produce una rotura en la entrada al Sector Centro, este podría ser abastecido conectándolo con el Sector Norte y abriendo el bombeo directo del Pozo Consorcio Hogar. Para ello es necesario abrir las válvulas C5-004, N24 y N17, situadas tal y como se indica en la siguiente figura.

Figura nº 16. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Centro



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Con esta alternativa de suministro se asegura el suministro a todo el municipio, sin embargo, existe una zona de bajas presiones en Colonia Esperanza.

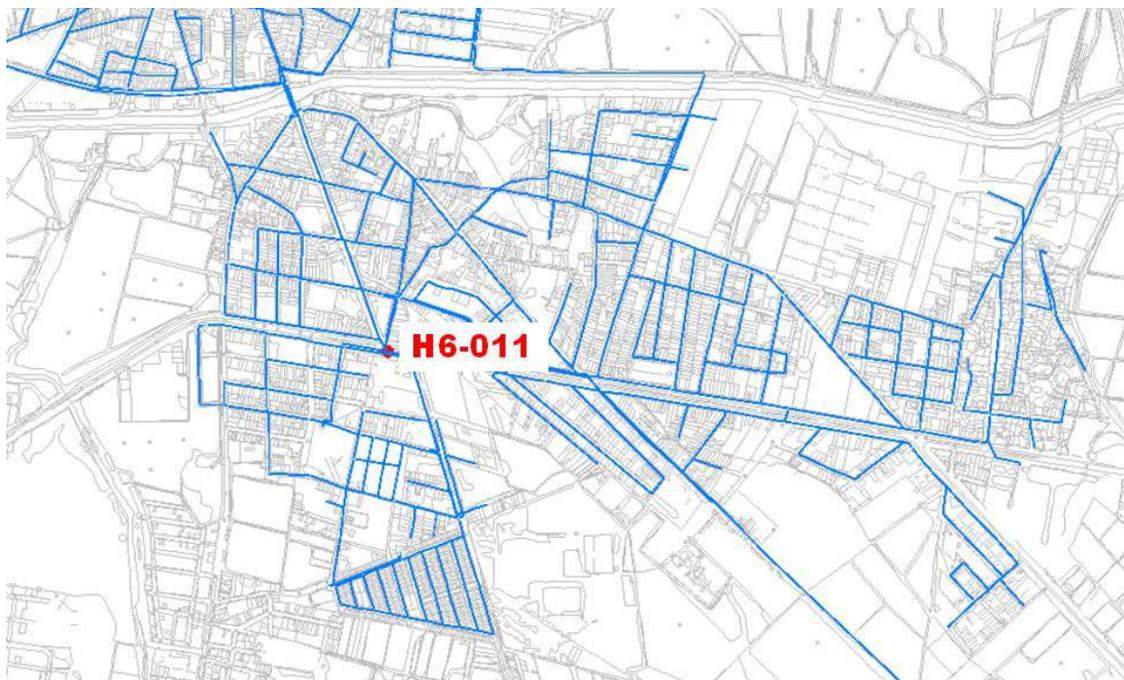
Sector Sur

Este sector está formado por la zona abastecida desde el tanque elevado de La Reyna. Tiene una longitud de 9.09 km y cuenta con una entrada, que la línea de salida del tanque elevado La Reyna de diámetro 200 mm.

Se han estudiado también las alternativas de suministro al sector ante posibles fallas que pudieran darse en la entrada del sector, para garantizar el abastecimiento a los usuarios.

Si se produce bien una falla en la conducción de entrada al Sector Sur o algún problema en el suministro desde el Pozo La Reyna, este puede ser abastecido desde el Sector Centro. Para ello únicamente sería necesario abrir la válvula H6-011, situada donde se indica en la siguiente figura.

Figura n° 17. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Sur



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

El suministro al Sector Sur desde el Centro por esta vía no presenta ningún problema; únicamente será necesario aumentar el caudal bombeado a la salida del tanque existente.

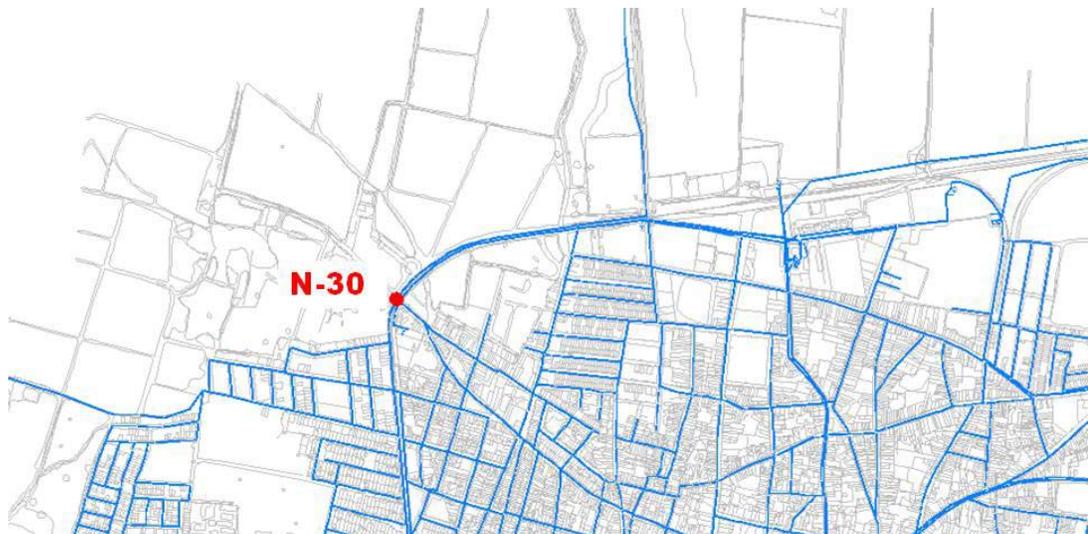
Sector Oeste

Este sector se abastece por gravedad desde el tanque elevado Oeste de nueva construcción. La fuente de suministro de este tanque será el Pozo Unidad Deportiva. Tiene una longitud de 26.47 km y cuenta con una entrada, que la línea de salida del nuevo tanque elevado de diámetro 250 mm.

Se han estudiado también las alternativas de suministro al sector ante posibles fallas que pudieran darse en la entrada del sector, para garantizar el abastecimiento a los usuarios.

Si se produce una falla en la conducción de entrada al sector Oeste, este puede ser abastecido desde el Sector Norte. Para ello únicamente sería necesario abrir la válvula N30, situada donde se indica en la siguiente figura.

Figura n° 18. Válvulas a operar. Alternativa de suministro al Sector Oeste



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 55
---	--	---------

De esta forma se abastece el sector oeste sin problemas con presiones situadas dentro del rango recomendado. Sin embargo, se ven reducidas las presiones en la zona noreste, especialmente en la zona de Consorcio Hogar, aunque son superiores a 5 m.c.a, por lo que se considera buena la alternativa de suministro. Este hecho se podría evitar habilitando el bombeo directo a red desde el pozo Consorcio Hogar si se considera necesario elevar las presiones en esta zona.

14.3. Mejoras tácticas

El horizonte de ejecución de estas mejoras es, como se ha indicado, a mediano plazo, ya que su implantación requiere mayor inversión y deben llevarse a cabo desde el punto de vista de la operación de la empresa de abastecimiento y no de la ejecución de obras civiles.

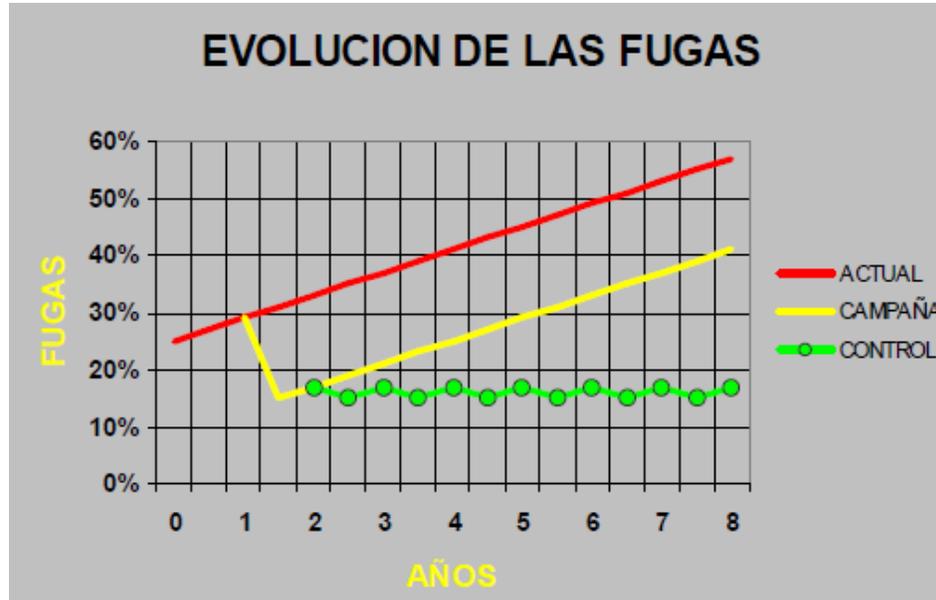
Estas mejoras van encaminadas principalmente a disminuir las pérdidas de agua, ya sea por fugas, tomas clandestinas o excesivo consumo por parte de los usuarios. Actualmente, no hay agua suficiente para todos, aunque según los datos de aportaciones al sistema a través de los pozos debería haberla. Esto es debido a que las pérdidas de agua en el municipio son excesivas. Las mejoras propuestas en el apartado anterior ayudarán a optimizar el funcionamiento del sistema, pero es necesario disminuir el consumo de agua actual para que todos los usuarios dispongan de agua 24 horas al día.

14.3.1. Control permanente de fugas

Una vez realizada la sectorización definitiva de la red de distribución en cuatro (4) sectores independientes y la propuesta de las mejoras del sistema de abastecimiento, se propone ubicar unidades operativas de control (UOC) en las entradas al sector.

Las campañas de localización de fugas resuelven temporalmente un problema. Hasta que no se supriman las causas de las fallas, éstas se regenerarán volviendo a constituir un problema. En la siguiente figura se muestra gráficamente este proceso.

Figura n° 19. Gráfico de comparación de la evolución de fugas con control o sin control



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

La línea roja representa la evolución de las fugas en una red. Cuando se realiza una campaña de localización y reparación de fugas se logra una disminución de las mismas (línea amarilla). Si no se realiza ninguna otra intervención, las fugas volverán a crecer con una pendiente análoga a la anterior, con lo que en 4 ó 5 años después, las fugas han llegado al valor inicial. Mantener las fugas en el valor posterior a la campaña exige un sistema de control que nos avise de la aparición de fugas y que sean localizadas rápidamente (línea verde).

Todas las estrategias de disminución de las fugas deben ser entendidas en un contexto muy general. Entre las inversiones en tuberías, accesorios y medidores puede estar incluida la sectorización de la red. En esencia, es subdividir la red en diferentes sectores independientes entre sí, con un único punto de entrada, de manera que se pueda realizar una gestión particularizada de cada caso. Un tamaño menor del sistema que auditar e intervenir posibilita acciones más precisas que la consideración de toda la red. Las tomas de datos, posteriores cálculos y análisis de los balances de agua de manera separada permitirán conocer las tendencias de las pérdidas reales y aparentes en cada sector que, lógicamente, estará monitorizado.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 57
---	--	---------

Para ello, una vez definida la sectorización de la red, se determinan los puntos de entrada a cada sector en los cuales se alojan los equipos de medida (válvulas, filtro, medidor, toma de sensor de presión, data-logger) por medio de los cuales se transmiten al sistema de control informatizado los valores de caudal de abastecimiento, los valores máximos y mínimos, volúmenes, etc. Las variaciones de estos parámetros nos permiten conocer la aparición de fugas y el sector en el que se producen, facilitando su rápida localización y reparación.

El sistema ofrece otras ventajas, tales como una correlación con facturación más detallada y ajustada, el conocimiento de los hábitos de consumo, la señalización de emergencias, etc. Con el objeto de poder proceder al control sistemático de las fugas y de otros parámetros hidráulicos de la red de distribución de agua potable, se procede a la ejecución de un sistema de monitorización telecontrolado.

Los datos que se generan de caudal y presión en el medidor y en el registrador de presión respectivamente, se recogen de forma automática en un data-logger que se instala también en el registro de cada unidad. Una vez al día esos datos son transmitidos por GSM, también de forma automática, al puesto de control que se instala, consistente en un PC con un software que recibe y procesa la información.

14.3.1.1. Ubicación de las Unidades Operativas de Control

La ubicación de las unidades operativas de control (en adelante U.O.C.) es tal que distorsionen lo menos posible la realidad del funcionamiento del sector y que garanticen el suministro por dicho punto de entrada (independientemente de que haya otro/s punto/s de suministro alternativo/s que se utilice en caso de fallas en el punto de entrada principal al sector). Se sitúan preferentemente en líneas principales siendo su localización más idónea bajo banquetas o zonas en que no exista tráfico rodado que impida las labores habituales de mantenimiento.

La mejor ubicación en cada sector se define a partir de los resultados de los diferentes análisis hidráulicos efectuados en el modelo matemático de la red de abastecimiento del municipio de Ameca.

En el caso de Ameca es posible el control del volumen aportado a cada sector desde las entradas de cada uno de ellos.

En la primera fase, se propone la instalación de las U.O.C. en las entradas de los sectores norte, sur y centro. El sector sur en esta fase tiene dos entradas, una a es la salida del tanque La Reyna y la otra la salida del pozo John Deere. Este pozo se dejará fuera de servicio a muy corto plazo por lo que no se ha considerado necesario establecer una U.O.C. en esta entrada. No obstante, si la puesta en marcha de la segunda fase se alarga mucho en el tiempo, debería considerarse esta la posibilidad de instalarla.

Ya en la segunda fase, se instalará la U.O.C. correspondiente a la entrada del sector Oeste.

Tabla n° 20. Relación de las U.O.C. necesarias

Sector	Diámetro (mm)	Fase
Entrada del sector Norte	250	Fase I
Entrada del sector Centro	300	Fase I
Entrada del sector Sur	200	Fase I
Entrada del sector Oeste	250	Fase II

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

La ubicación de estas U.O.C. se muestran en el **Plano n° 6: "Mejoras propuestas-Fase I"** y el **Plano n° 8: "Mejoras propuestas-Fase II"**.

14.3.1.2. Equipos

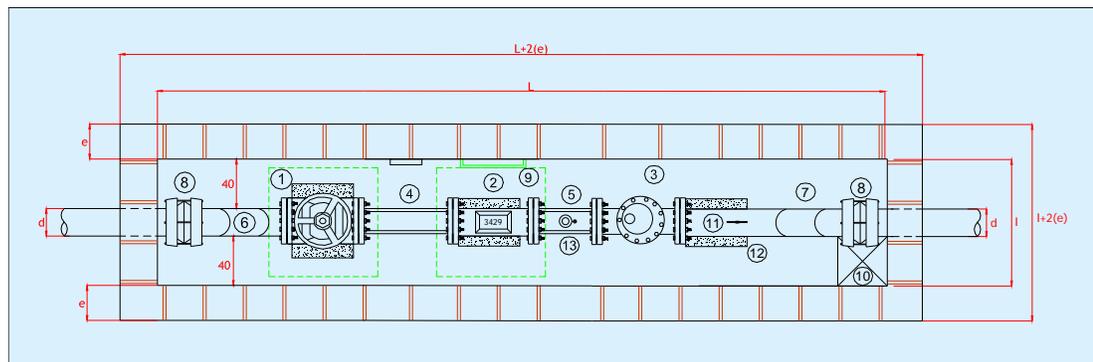
Los equipos de instalación se dividen entre los del puesto de control que se ha de ubicar en las dependencias del SIAPAME, y los propios de las U.O.C.

14.3.1.2.1 Equipos hidráulicos y de telemetría

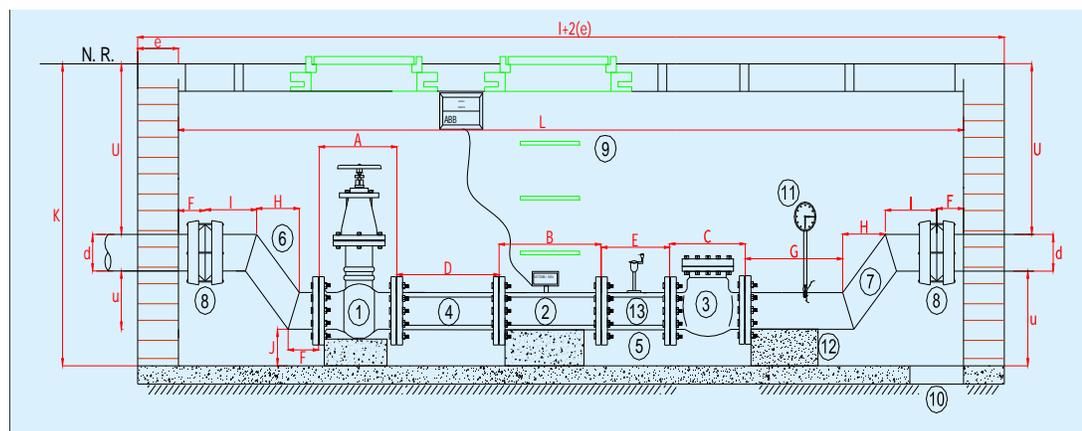
Cada una de las unidades operativas de control de fugas va equipada de una válvula de seccionamiento, un filtro, un medidor electromagnético con salida de pulsos y una

toma para conectar un sensor de presión. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de instalación de U.O.C.

Figura n° 20. Ejemplo de diseño de una UOC



Vista en planta



Vista de perfil

Fuente: Wasser Hydroingeniería de México, S.A. de C.V.

14.3.1.2.2 Puesto central de control

Consta de un PC con módem que recibirá las señales de todas las U.O.C. Éste estará centralizado en las dependencias del SIAPAME. Su función exclusiva es recibir, registrar y procesar los datos que llegan de cada U.O.C. automáticamente y por vía GSM. De esta manera se puede controlar desde el sistema la existencia de caudales y presiones en cabecera de cada sector e identificar la aparición de fugas en cualquiera de los sectores objeto de este proyecto.

14.3.2. Instalación de micromedidores

Uno de los problemas del sistema de agua potable de Ameca es la falta de eficiencia a la hora de distribuir el agua. Actualmente, en el municipio de Ameca se cobra una cuota fija, independiente del agua que se consuma. Esto provoca que los usuarios tengan malos hábitos de consumo: se consume más agua de la necesaria y se pierde gran cantidad de agua por fugas en las instalaciones interiores de los hogares.

El control de los caudales de consumo es fundamental para conocer el comportamiento y rendimiento reales de la red de abastecimiento.

La micromedición permitirá:

- El control real del agua consumida en la red por habitante
- La detección de fraudes
- Identificar la facturación con los hábitos del consumo
- El aumento del recaudo
- Incentivar para el ahorro de agua: el usuario paga por lo que realmente consume.

Figura n° 21. Ejemplo de micromedidores



El proceso de instalación de micromedidores viene ligado al proceso de realización del catastro de usuarios, que deberá hacerse previamente. En la realización de este catastro se habrán tomado los datos de los clientes, así como de sus instalaciones físicas.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 61
---	--	---------

La instalación de medidores domiciliarios en la red de agua potable consiste en la realización de múltiples obras con una dispersión geográfica importante dentro la zona de actuación.

Así mismo, es un trabajo que presenta una interacción directa con el cliente, ya que la instalación se realiza en su acometida e implicará en muchas ocasiones un cambio en su forma de facturación.

Por todo ello, esta actividad requiere una organización y gestión adecuada, que permita una óptima ejecución de los trabajos para los operarios de campo, consiguiendo al mismo tiempo las mínimas molestias para los abonados, cuya colaboración y aceptación es fundamental para el exitoso desarrollo de los trabajos.

Las principales etapas de este proceso son:

Definición de las Áreas de Actuación

La empresa consultora seleccionará zonas que tengan un servicio aceptable y mayor capacidad de pago. De nada sirve instalar micromedidores en colonias con bajo nivel adquisitivo, porque difícilmente se va a recuperar la inversión realizada, y los riesgos de encontrar un rechazo social serán mayores.

Generación de Rutas de Instalación

A través de la plataforma GIS, ya instada, se generarán planos donde se recojan los predios a los que se les va a instalar el micromedidor. Estos predios serán señalizados y se les colocará el número de orden de instalación que les corresponde. Esto permitirá tener un absoluto control de las zonas sobre las que se está trabajando, previendo los reclamos que serán realizados por los clientes.

Generación de Ordenes de Trabajo

Con base a la información obtenida en la campaña de realización del catastro de usuarios, se prepararán las órdenes de trabajo para la instalación de cada micromedidor. Las órdenes de trabajo, además de recoger los datos de la instalación y la ubicación de la toma domiciliaria, contendrán además unos campos donde se

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>MEMORIA</p>	<p>Pág. 62</p>
---	--	----------------

recogerán los datos de la instalación, tales como el serial del medidor, el dato de la primera lectura, etc.

Campaña Informativa para los Usuarios

Todos los usuarios recibirán, previamente a la instalación del micromedidor, una carta de información que contendrá:

- Aviso de la instalación de un micromedidor en su toma domiciliaria en la fecha correspondiente
- Información sobre el procedimiento de facturación que se realizará a partir de la instalación del medidor
- Trípticos o panfletos explicativos sobre la campaña y las ventajas del consumo medido y el ahorro de agua.

Junto con el proceso de instalación de medidores se debe llevar a cabo un estudio de optimización de las tarifas.

Este tipo de control permitiría que las empresas que prestan el servicio de agua puedan ampliar su cobertura y continuar con el servicio ofreciendo agua en cantidad y calidad adecuada a todos sus usuarios.

14.3.3. Creación de un departamento de agua no contabilizada

A mediano plazo, y una vez instalados los micromedidores, se considera fundamental constituir un departamento de Agua no Contabilizada, cuya misión será incrementar el rendimiento entre la producción de agua y el consumo facturado.

El objetivo fundamental de este departamento consistirá en la reducción del volumen de agua no medido y el no autorizado, estudiando los sectores más críticos, focalizando de este modo los recursos disponibles para reducir fugas y conexiones ilegales.

Esta unidad se divide en dos subdirecciones: técnica y comercial.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 63
---	--	---------

- Subdirección técnica: Su misión será la creación, optimización y mantenimiento de los sectores. Realizará informes, modelos matemáticos y estudios que permitan optimizar y enfocar los recursos disponibles. Esta subdirección dispondrá de un departamento de fugas, que trabajará en los sectores creados, de manera continua, según las prioridades marcadas por la Dirección. Deberá contar con ingenieros con experiencia tanto en sectorización, como en modelización matemática. De igual forma es conveniente que dentro del equipo exista un ingeniero especialista en GIS, que deberá estar en coordinación constante con el Departamento de Cartografía Digital.

Una de las funciones de esta subdirección será dar mantenimiento y seguimiento a las labores de catastro, sectorización y control de fugas desarrolladas por presente Proyecto, de forma que se fomente la transferencia de tecnología lograda.

- Subdirección comercial: Debe de estar vinculada de forma horizontal al departamento comercial de la empresa, si bien no efectuará lecturas, sino que propondrá la creación y modificación de nuevas rutas de lectura adaptadas a la sectorización creada. De igual forma contará con brigadas independientes dedicadas a la localización de acometidas clandestinas, pasando esta información posteriormente al Departamento Comercial, encargado de los cortes, reconexiones y legalizaciones, independizando de esta forma las acciones de localización y corte o legalización y minimizando las posibles acciones fraudulentas dentro de la propia empresa.

Como puede verse, las labores a encomendar a esta Unidad tienen la importancia suficiente como para justificar la creación de un Departamento especializado.

14.3.4. Renovación o mejora de equipos de estaciones de bombeo

A continuación se muestra una relación de equipos de bombeo para los pozos referidos en los que se podrá observar que operan con una eficiencia mayor a la de los equipos actualmente instalados y a las recomendadas en la norma oficial, tal y como puede observarse en el **Anexo nº 6: "Eficiencia energética"**.

Tabla n° 21. Bombas sumergibles recomendadas

Propiedades	Consortio	Ciénaga	Cancun	La Reyna	Siapame	Panteón
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	22 l.p.s.	17 l.p.s.	13 l.p.s.	10 l.p.s.	6.5 L.P.S.	19 l.p.s.
C.D.T	90 mts.	86 mts.	98 mts	110 mts.	60 m.c.a.	81 mts.
Eficiencia	70 %	75 %	75 %	74 %	75 %	76 %
BHP punto operación	37.7 h.p.	25.9 h.p.	22.6 H.P.	19.4 h.p.	6.93 h.p.	27 h.p.
Potencia	40 h.p.	30 h.p.	25 h.p.	20 h.p.	10 h.p.	30 h.p.
Diámetro descarga	4"	4"	4"	3"	3"	3"
Tensión	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts	220 volts	440 volts
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.

Propiedades	Brillante	La Isla	John Deere	Colorado	La Y
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	7 l.p.s.	24 l.p.s.	14 l.p.s.	32 l.p.s.	6.5 l.p.s.
C.D.T	100 mts.	110 mts.	90 mts	110 mts.	29 mts.
Eficiencia	71 %	74 %	71 %	73 %	75 %
BHP punto operación	13.1 h.p.	47.5 h.p.	23.6 H.P.	64.2 h.p.	3.35 h.p.
Potencia	15 h.p.	60 h.p.	25 h.p.	75 h.p.	5 h.p.
Diámetro descarga	3"	4"	3"	3"	3"
Tensión	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Como se podrá ver en todos los casos estos equipos de bombeo trabajan con una eficiencia mayor a la requerida en la norma oficial, por lo tanto podremos esperar un consumo menor de energía eléctrica que se verá reflejado en el recibo de cobro mensual y por lo tanto en sus finanzas.

A continuación se presenta un cuadro comparativo del consumo aproximado de energía de los pozos y el ahorro aproximado anualizado, esto es sólo de la energía consumida sin otro tipo de cobro adicional como multas, bonificaciones etc.

Tabla n° 22. Cuadro comparativo de consumo de energía

	Consortio	Ciénaga	Cancun	La Reyna	Siapame	Panteón
Consumo mensual aproximado con el equipo actual	\$ 26,809.00	\$ 14,562.55	\$ 18,729.25	\$ 12,699.60	\$ 4,882.00	\$ 13,960.25
Consumo mensual aproximado con el equipo propuesto	\$ 17,195.95	\$ 12,232.20	\$ 13,302.85	\$ 6,667.10	\$ 2,532.00	\$ 12,858.25
Ahorro aproximado anualizado	\$ 115,356.60	\$ 29,447.40	\$ 68,555.40	\$ 76211.40	\$ 30,348.00	\$ 13,991.40

	Brillante	La Isla	John Deere	Colorado	La "Y"
Consumo mensual aproximado con el equipo actual	\$ 12,450.00	\$ 29,500.35	\$ 16,932.80	\$ 40,200.20	\$ 6,450.00
Consumo mensual aproximado con el equipo propuesto	\$ 5,740.85	\$ 21,938.35	\$ 9,877.15	\$ 31,707.20	\$ 1,406.00
Ahorro aproximado anualizado	\$ 84,767.40	\$ 95,531.40	\$ 89,135.40	\$ 107,291.40	\$ 63,731.40

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Además, se realizan las siguientes **recomendaciones adicionales**:

1º.- En todos los casos se observó que los tableros de control (arrancadores) no tienen ningún tipo de mantenimiento lo cual es muy necesario, recordemos que el enemigo número uno de los equipos de control en general es el polvo, por lo tanto se recomienda efectuar cada mes una limpieza y cerciorarse de que todas las terminales estén bien apretadas

2º.- Poner especial cuidado en la selección del cable sumergible que se instalen en los pozos, ya que en todos los casos los equipos de bombeo están instalados a profundidades donde debemos tomar en cuenta la caída de tensión la cual no debe ser mayor a un 3%, recordemos que en un cable mal calculado y que presente temperatura es sinónimo de que consume mayor amperaje y como consecuencia esto se verá reflejado en el recibo de cobro mensual.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 66
---	--	---------

3º.-Se recomienda instalar un detector de falla de fase y desbalanceo de tensión para protección del motor sumergible y además para automatizar el arranque del equipo cuando haya falla de energía eléctrica, ya que sus pozos quedan a una distancia considerable para el poner nuevamente en operación en caso de falla eléctrica.

4º.- Ninguno de los tableros de control cuenta con una tierra física ni neutro en su acometida, lo cual es necesario, como será también de suma importancia colocar una tierra a través de un conductor desnudo calibre 4 AWG como mínimo desde el gabinete del arrancador, hasta el ademe del pozo, esto es importante tanto para el equipo así como para el personal relacionado con la operación.

5º.- Se recomienda que se tenga los elementos necesarios de medición (multímetro) para poder comprobar continuamente los valores de corriente y tensión en los tableros de control, ya que esta es la forma más común de indicarnos como se encuentra el equipo de bombeo, y recordar que el balanceo entre fases tanto de corriente y tensión no deberá de exceder de un 3% y un 5% respectivamente.

6º.- Es de suma importancia que en cada pozo se tenga una bitácora en la cual se pueda registrar todas las inspecciones, reparaciones, cambios o modificaciones que se realicen a los equipos tanto de control como de bombeo.

7º.- Será de mucho provecho si en todos los pozos se colocan sondas neumáticas para poder medir los niveles del pozo durante todo el año sin correr el riesgo de que una sonda eléctrica se atore la cual se perdería y peor aún se vaya al fondo pudiendo provocar un daño al equipo de bombeo.

8º.- Por último se recomienda que los tableros de control (arrancadores) sean de la capacidad del motor que vayan a operar y sobre todo que los elementos de protección (bimetálicos) estén calibrados de 3 a 5 amperes de más máximo de acuerdo a la corriente máxima de placa que indique el fabricante del motor.

15. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN FUTURA

Para analizar la situación futura de la red de Ameca se deben tener en cuenta las previsiones de crecimiento urbanístico y demográfico de la población, que se han obtenido del Plan de Desarrollo Urbano del municipio (ver **Anexo n° 2: “Crecimiento demográfico y Planeamiento urbanístico”**). De acuerdo con los datos obtenidos en este Anexo, se ha estimado una demanda futura, que se explica detalladamente en el **Anexo n° 7: “Análisis y diagnóstico de la situación actual y futura”**.

De igual manera, **para la creación del escenario futuro se suponen implementadas las mejoras propuestas** en el presente Informe, por las cuales la red mejora notablemente su comportamiento hidráulico:

1. Construcción de un nuevo tanque superficial.
2. Rehabilitación del tanque elevado de La Reyna.
3. Perforación del nuevo pozo en la Unidad Deportiva.
4. Nuevo tanque elevado en la Unidad Deportiva.
5. Nuevo rebombeo en el tanque del Siapame.
6. Implantación de la sectorización propuesta en la fase II.
7. Eliminación de las fugas localizadas y reducción de las mismas mediante la instalación de UOC en las entradas de cada sector.
8. Instalación de micromedidores para reducir el desperdicio de agua.
9. Creación de un departamento de agua no contabilizada, para el control de las fugas y tomas clandestinas.

15.1. Simulación matemática

El modelo matemático obtenido para la situación futura se somete a una serie de hipótesis de funcionamiento para poder observar el comportamiento de las magnitudes hidráulicas en todo el sistema. En concreto, se procede a la simulación y comprobación del funcionamiento hidráulico en hipótesis de caudal medio y también en hipótesis extremas (caudales máximos y mínimos).

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO MEMORIA	Pág. 68
---	---	---------

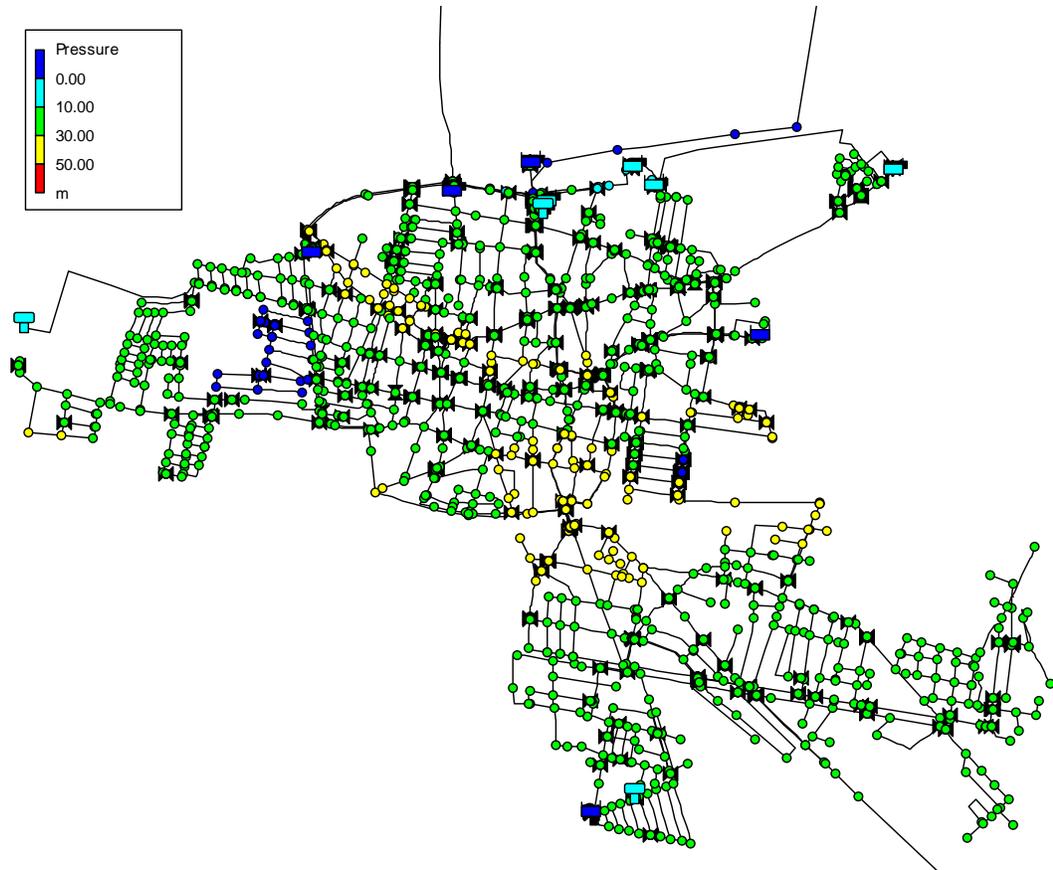
Como es lógico en un modelo teórico, el estudio hidráulico de la red se centra en las grandes infraestructuras, como son los tanques, las redes de transporte y las redes principales de distribución.

Se analiza la respuesta del sistema ante las situaciones más desfavorables estudiando los rangos de presiones, caudales, pérdidas de carga y velocidad bajo los que trabaja la red. Las hipótesis de cálculo son:

- Hipótesis de caudal nocturno. Cuando el caudal es mínimo se dan las mayores presiones posibles en la red, puesto que las pérdidas de carga en las tuberías son las mínimas.
- Hipótesis de caudal medio. Se utiliza para simular el funcionamiento normal de la red.
- Hipótesis de caudal punta. Se simula el comportamiento de la red en los momentos de máximo consumo.

Los resultados de la simulación general se recogen en el **Anexo nº 7: "Análisis y diagnóstico de la situación actual y futura"**, con la presentación de los valores de presión en la red para los caudales mínimos (durante la noche), caudal medio y caudal punta. En todas las hipótesis, las presiones en la mayor parte de la red se encuentran comprendidas entre 10 y 30 m.c.a., con algunas zonas con presiones mayores de 30 m.c.a., pero sin superar nunca los 50 m.c.a.

Figura n° 22. Presiones en la red - Hipótesis de caudal medio, situación futura



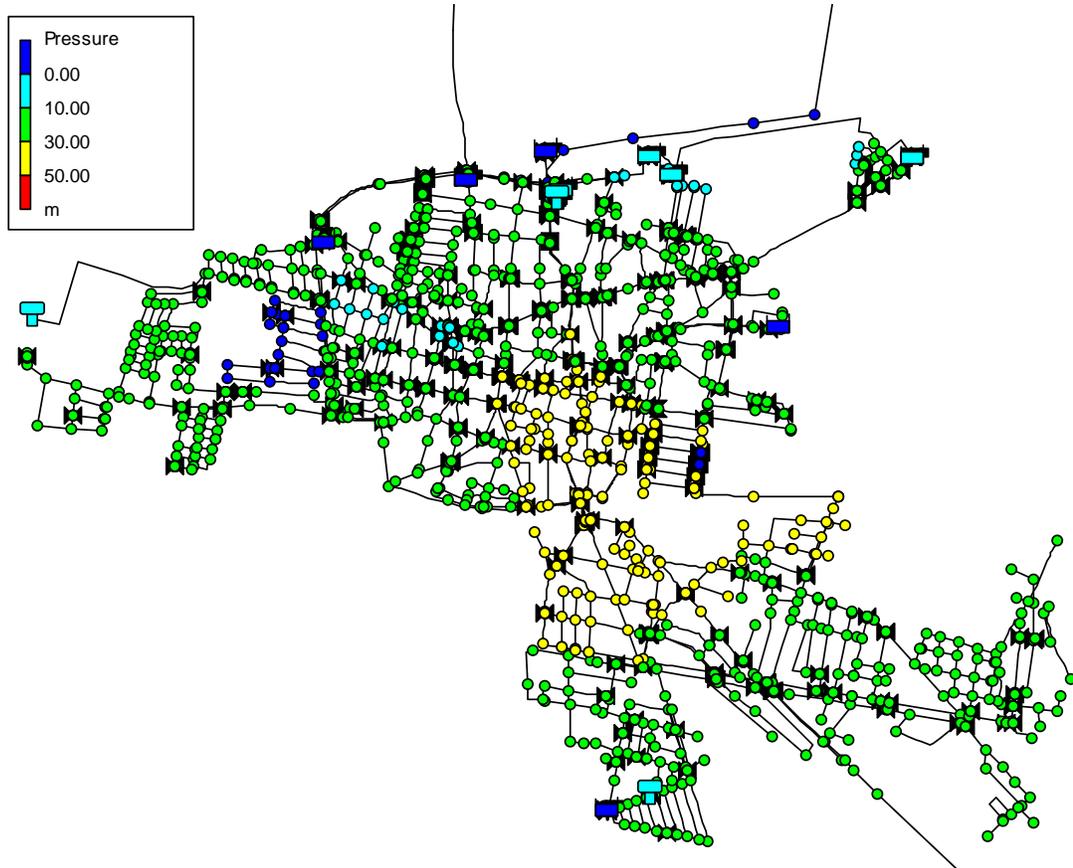
Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

15.2. Conclusiones

Como puede observarse si se comparan los resultados del modelo matemático en las situaciones actual y futura, el funcionamiento del sistema de agua potable del municipio mejora notablemente tras la implementación de las mejoras propuestas.

En la situación futura no se produce desabastecimiento en ninguna zona, incluso teniendo en cuenta la situación más desfavorable, la hipótesis a caudal punta.

Figura n° 23. Presiones en la red - Hipótesis de caudal punta, situación futura



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

Portada

ANEXOS



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

Portada

ANEXO N° 1: MEDIO FÍSICO

ANEXO N°1: MEDIO FÍSICO

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 1: MEDIO FÍSICO</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	---	---

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. METODOLOGÍA	1
3. ANTECEDENTES	1
4. ANÁLISIS FÍSICO	2
4.1. Geografía	2
4.2. Geomorfología	4
4.3. Geología	8
4.4. Recursos hidrológicos.....	9
4.5. Climatología.....	11

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 1: MEDIO FÍSICO</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	---	---

Índice de tablas

Tabla n° 1. Mediciones climatológicas	11
---	----

Índice de figuras

Figura n° 1. Localización del estado de Jalisco dentro de la República Mexicana.....	2
Figura n° 2. Mapa de Jalisco dividido en regiones	3
Figura n° 3. Ubicación del Municipio de Ameca dentro del Estado de Jalisco	4
Figura n° 4. Provincias fisiográficas de México.....	5
Figura n° 5. Provincias fisiográficas del Estado de Jalisco	6
Figura n° 6. Mapa geomorfológico de Jalisco.....	8
Figura n° 7. Mapa hidrológico del estado de Jalisco.....	10
Figura n° 8. Grafica de temperatura promedio Municipio de Ameca	12
Figura n° 9. Grafica de precipitación media anual Municipio de Ameca	12



1. OBJETO

El objeto de este anexo es analizar el medio físico existente en el municipio de Ameca a partir del análisis de información disponible en esta materia, referida sólo a aquellas áreas que son de especial interés para los programas de desarrollo impulsados por la Comisión Estatal del Agua (CEA): la geografía, la geología, la geomorfología y la climatología.

2. METODOLOGÍA

Los datos que se presentan han sido obtenidos de la información disponible recopilada sobre los recursos ambientales existentes, aunque para el presente estudio sólo se han analizado aquellas áreas que aportan datos relativos a las características geográficas, geológicas, geomorfológicas y climatológicas.

3. ANTECEDENTES

El municipio de Ameca se encuentra situado en el Estado de Jalisco, que es uno de los 31 estados que junto con el Distrito Federal conforman las 32 entidades federativas de México, siendo así la cuarta entidad federativa más poblada de México, y uno de los más desarrollados en el país en cuanto a actividades económicas, comerciales y culturales.

Se ubica en el centro-occidente del territorio mexicano. Colinda con los estados de Nayarit hacia el noroeste; Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí hacia el norte; Guanajuato hacia el este y Colima y Michoacán hacia el sur. Hacia el poniente, Jalisco tiene una importante franja costera en el Océano Pacífico.

El nombre del estado proviene de la mezcla de tres palabras del náhuatl: **xalli**, que significa arena, **ixtli**, cara o superficie y la desinencia de lugar **co**, teniendo como resultado es significado, "En la superficie de arena" o "En el arenal".

4. ANÁLISIS FÍSICO

4.1. Geografía

El Estado de Jalisco se localiza en la zona occidente de la República Mexicana. Se encuentra limitado al norte por los Estados de Zacatecas, Aguascalientes; al noroeste con Nayarit; al noreste con Guanajuato y San Luis Potosí; al sur con Colima; al sureste con Michoacán y al suroeste con el Océano Pacífico. Tiene una extensión territorial de 80,137 km², lo que representa el 4.09% de la superficie total de México.

Figura n° 1. Localización del estado de Jalisco dentro de la República Mexicana



En total el estado de Jalisco comprende 125 municipios, distribuidos en 12 regiones, cada región tiene un municipio sede designado por la importancia y ubicación estratégica de dicho municipio en la región respectiva. La división en regiones es una simple división administrativa que facilita el manejo del estado. Las regiones administrativas son las siguientes:

- Región Norte
- Región Altos Norte
- Región Altos Sur

- Región Ciénega
- Región Sureste
- Región Sur
- Región Sierra de Amula
- Región Costa Sur
- Región Costa Norte
- Región Sierra Occidental
- Región Valles
- Región Centro

Figura n° 2. Mapa de Jalisco dividido en regiones



De la región le sigue el municipio, que es una división administrativa controlada por una cabecera municipal, y esta a su vez se divide en delegaciones controladas por un delegado. Entre los municipios más importantes fuera del área de la capital destacan Sayula, Zapotlán el Grande, Puerto Vallarta, Lagos de Moreno, Arandas, Tepatitlán de Morelos, Ocotlán, La Barca, Zapotlanejo, Ameca, Autlán, San Juan de los Lagos, Tala y Chapala.

El municipio de Ameca se encuentra en el centro-occidente del Estado de Jalisco, dentro de la región de Valles, ubicado aproximadamente a 83 km de Guadalajara.

Se encuentra entre las coordenadas 20°25'00" y 20°42'00" de latitud norte, y entre los 103°53'15" y 104°17'30" de longitud oeste, localizado a una altura de 1,235 metros sobre el nivel del mar. Tiene una extensión territorial de 685.73 km².

Limita al norte con los municipios de Etzatlán y Ahualulco de Mercado; al sur con Atengo y Tecolotlán; al este con Teuchitlán y San Martín Hidalgo y al oeste con Guachinango y el Estado de Nayarit.

Figura n° 3. Ubicación del Municipio de Ameca dentro del Estado de Jalisco



En el **Plano n° 1: "Índice y situación general"** se muestra la situación del municipio.

4.2. Geomorfología

El estado de Jalisco encierra áreas que corresponden a 4 provincias fisiográficas de México: Eje Neovolcánico, Mesa Central, Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre del Sur.

El municipio de Ameca se encuentra situado dentro de la provincia del Eje Neovolcánico, que está representada en el estado por las subprovincias: Bajío Guanajuatense, Sierras y Bajíos Michoacanos, Altos de Jalisco, Chapala, Guadalajara, Sierras de Jalisco, Sierras Neovolcánicas Nayaritas, Volcanes de Jalisco y Escarpada Limítrofe del Sur.

Figura n° 4. Provincias fisiográficas de México



En la siguiente figura se muestra como Ameca se encuentra ubicada en la zona central del estado entre la subprovincia de Chapala y la subprovincia Sierra de Jalisco:

Figura n° 5. Provincias fisiográficas del Estado de Jalisco



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)



Subprovincia de Chapala: Esta subprovincia alcanza una magnitud significativa en fallas geológicas asociado con manifestaciones volcánicas y grabens (áreas hundidas entre sistemas de fallas). Se tiene aquí a 1,500 m s.n.m. el mayor lago del país, cuyas aguas ocupan un enorme graben ubicado entre sistemas de grandes fallas este-oeste y otras más pequeñas dirigidas burdamente de norte a sur. Por otro lado, el vulcanismo se desarrolló a lo largo de algunas líneas de fallas y levantó las sierras que bordean el lago. El resultado es un paisaje de origen unitario pero de morfologías combinadas que aportan una notable singularidad a la provincia.

Subprovincia de las Sierras de Jalisco: Esta subprovincia está constituida por dos tipos básicos de topografía generales: montañas y mesetas. Entre sus extremos norte y sur, las cadenas montañosas se encuentran acomodadas de tal modo que describen la forma de una burda letra "S". Dentro del área rodeada por la curva superior de la letra quedarían alojados los sistemas de topografía más accidentados. Varias cumbres de los núcleos montañosos de rocas ígneas que componen la sierra se levantan por encima de los 2,000 m.s.n.m., en tanto que las superficies más bajas se encuentran a una altitud de 800 m.s.n.m.

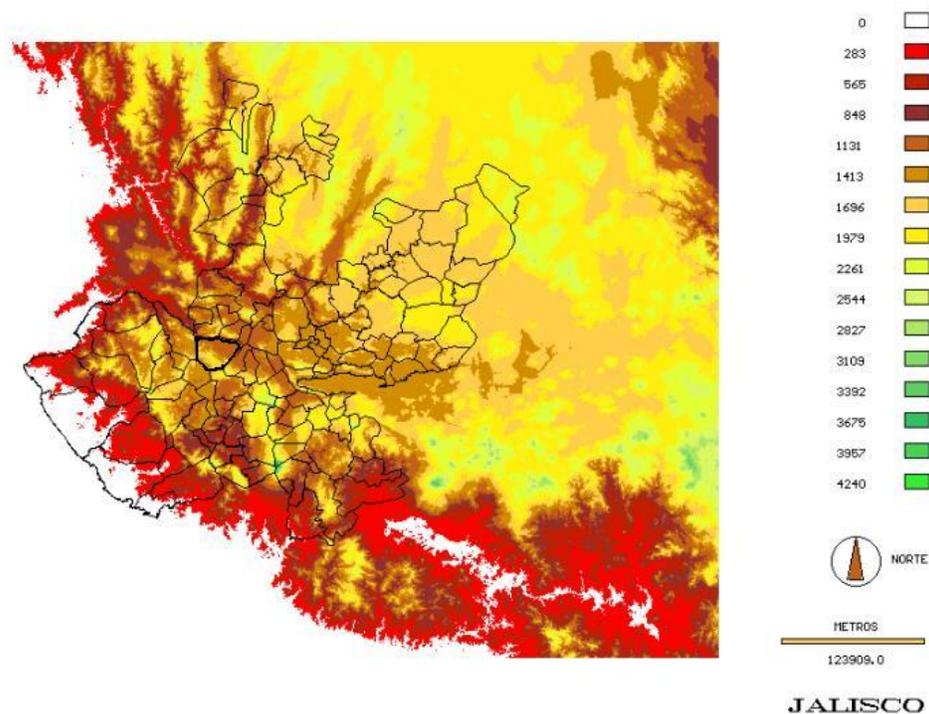
La subprovincia de las Sierras de Jalisco presenta los siguientes sistemas de topografía: Gran Sierra Volcánica Compleja o Grandes Estrato-Volcanes, Sierra de Laderas Abruptas, Sierra de Laderas Tendidas, Sierra de Laderas Tendidas con Llanos, Sierra Compleja, Escudo-Volcán Aislado, Meseta Lávica, Mesetas Lávicas asociadas con cañadas, Mesetas Escalonadas asociadas con lomeríos, Mesetas Pequeñas con lomeríos, Lomerío Suave asociado con cañadas, Valle de Laderas Escarpadas, Valle de Laderas Tendidas, Valle de Laderas Tendidas asociado con lomeríos, Cañón y Pequeño Llano Aislado.

En el Municipio de Ameca se ubican en los cerros de Ameca o Cuauhtépetl, La Tetilla y Los Pericos que ocupan principalmente la parte norte del municipio, además se tiene una orografía irregular caracterizada por una sucesión de valles y extensas serranías en diferentes zonas del municipio.

Ameca esta conformado prácticamente por pendientes mínimas que van del orden del 1.0 % al 10.0% en la zona urbanizable.

En la Figura n° 6 se aprecia las planicies de color amarillo y con mayor pendiente topográfica la de color café claro.

Figura n° 6. Mapa geomorfológico de Jalisco



La superficie del Municipio de Ameca está conformada por zonas planas (45%), zonas semiplanas (40%) y zonas accidentadas (15%). esta última funciona de barrera natural la cual protege al Municipio de los vientos que se generan en las planicies.

4.3. Geología

El valle donde se encuentra el Centro de Población es de suelo Aluvial, formado por el depósito de materiales sueltos (gravas, arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua; este tipo de suelo se formó por tratarse del valle del río.



Al norte del valle, en los límites del área de estudio, en las faldas de los cerros El Ocotillo y Grande de Ameca, el suelo está formado por rocas Igneas, Extrusivas, ácidas y básicas (andesita y basalto).

Al Noroeste (entre "Buenos Aires" y las faldas del cerro Grande), existe un área de suelo formado por rocas sedimentarias: arenisca-conglomerado (ar-cg) que se originan a partir del intemperismo y erosión de rocas existentes. Son rocas constituidas por minerales, fragmentos y/o fósiles de tamaños que van desde el de la arena (1/16 mm) a grano más grueso (de 2 a 250 mm) como la gravilla (de 2 a 4 mm) la matatena (de 4 a 6 mm) el guijarro (de 64 a 250 mm). No presentan factores restrictivos para la urbanización.

Al Sur del área de estudio, en la margen sur del río Ameca y exceptuando los lechos de los arroyos El Magistral, El Calero y Santiago (cuyo suelo es obviamente de origen aluvial) el suelo está formado también por roca sedimentaria arenisca-conglomerado y en pequeñas áreas lutita-arenisca. No presentan factores restrictivos para la urbanización.

Existen fallas geológicas únicamente en las faldas de los cerros Grande y El Ocotillo, al norte de la zona de estudio.

4.4. Recursos hidrológicos

El relieve de Jalisco favorece la formación de ríos y lagos. Sus principales ríos son el río Lerma, el río de San Juan de los Lagos, el río San Miguel, el río Bolaños, el río Atengo, el **río Ameca** y el río Cuitzmala.

Entre los lagos y lagunas, en Jalisco se encuentra el lago más grande de la República: el Lago de Chapala, que colinda al sureste con el estado de Michoacán de Ocampo, le siguen las lagunas de San Marcos, Cajititlán, Atotonilco, Zacoalco, Zapotlán y la de Sayula, todas estas lagunas distribuidas en las regiones Centro, Sur y Ciénega.

Figura n° 7. Mapa hidrológico del estado de Jalisco



■ Presas

■ Lagos

Presas de Santa Rosa.

a. Chapala.

Presas La Vega.

b. Cajititlán.

Presas de Las Piedras.

c. Atotonilco.

Presas de Tacotán.

d. Sayula.

Presas Cajón de Peña.

e. San Marcos.

f. Zacoalco.

En lo que concierne a los recursos hidrológicos que constituye al Municipio de Ameca, éste es atravesado por el río Ameca que recibe por el norte los remanentes de los arroyos El Cajón, Los Llanitos, La Barranca, La Arena, El Carrizo, y Las Bolas, entre otros; al sur lo alimentan los arroyos El Magistral, Arroyo Grande, El Zoquite, El Palmarejo, El Álamo y Las Canoas y un sin número de pequeñas corrientes. Además de contar con las Presas de San Ignacio, de la Vega, Los Pocitos y la del Texcalame.

4.5. Climatología.

De acuerdo a la clasificación CW Thornthwaite, el clima de Ameca es semi-cálido y semi-seco.

La temperatura media anual es de 21.3°C. La temperatura máxima promedio es de 31°C y la mínima de 8°C. Los valores extremos máximos se presentan durante los meses Abril, Mayo, Junio y Julio y los mínimos de Diciembre a Febrero.

La precipitación pluvial media anual es de 864 mm, concentrados principalmente entre Junio y Septiembre, meses en que se presenta el 80% del total anual. La lluvia máxima promedio en 24 horas es de 20.7 mm. La lluvia del año más abundante representa el 127% de la media anual y se presentó en el año 1958; sin embargo, se han presentado máximas de 97.4 y 85.0 mm en los meses de Mayo y Julio respectivamente

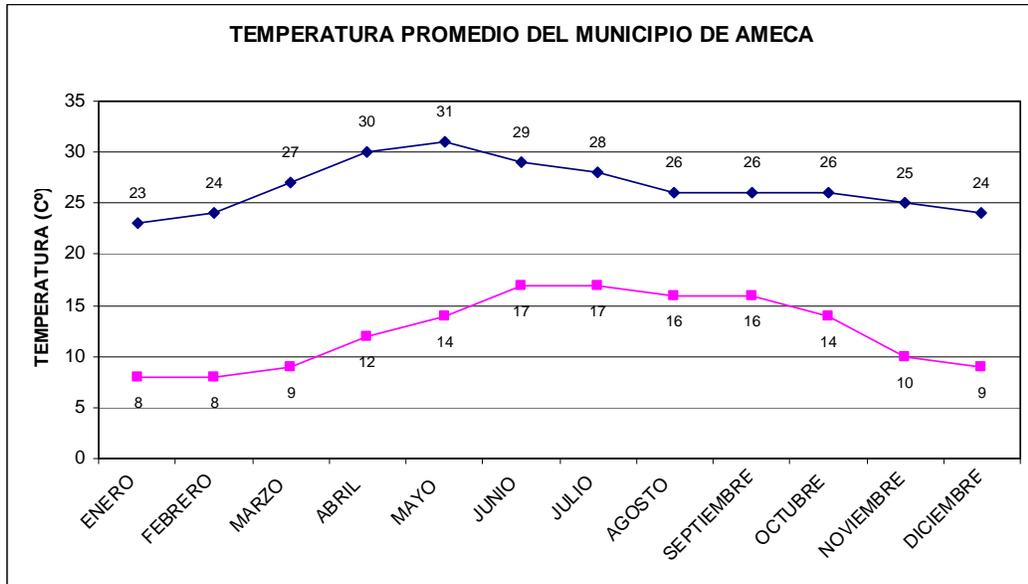
La dirección de los vientos en general es de Noroeste a sureste con una velocidad de 8 km/h.

Tabla n° 1. Mediciones climatológicas

MES	MÁXIMA (C°)	MÍNIMA (C°)	PRECIPITACIÓN (mm)
ENERO	23	8	17.0
FEBRERO	24	8	1.0
MARZO	27	9	10.8
ABRIL	30	12	8.0
MAYO	31	14	38.1
JUNIO	29	17	167.9
JULIO	28	17	218.6
AGOSTO	26	16	176.6
SEPTIEMBRE	26	16	128.4
OCTUBRE	26	14	58.6
NOVIEMBRE	25	10	18.8
DICIEMBRE	24	9	20.2

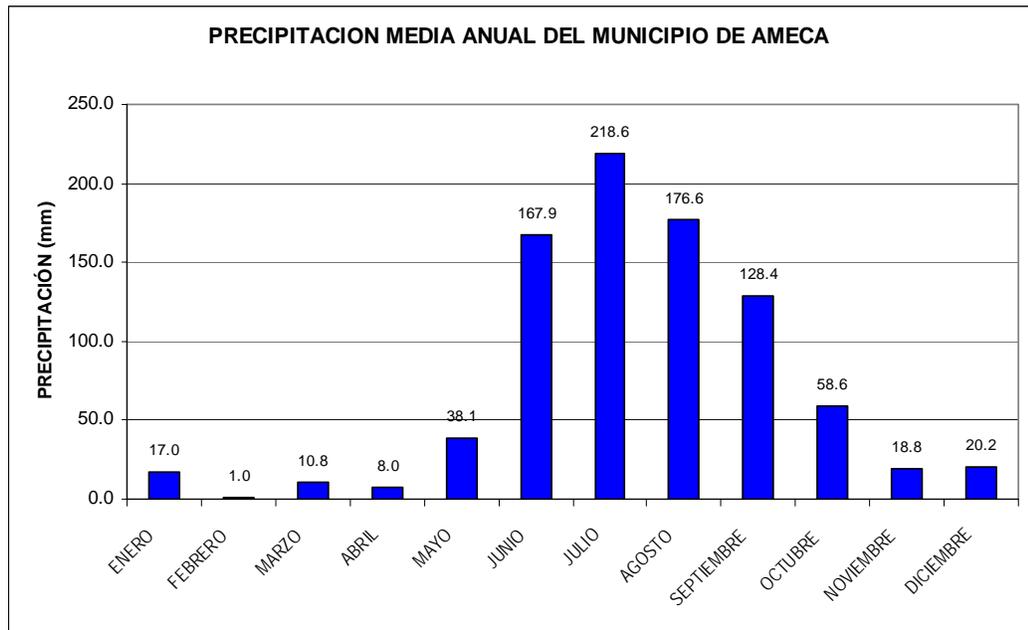
Fuente: Plan de desarrollo del Municipio de Ameca. WASSER Hidroingeniería de México

Figura n° 8. Grafica de temperatura promedio Municipio de Ameca



Fuente: Plan de desarrollo del Municipio de Ameca. WASSER Hidroingenieria de México

Figura n° 9. Grafica de precipitación media anual Municipio de Ameca



Fuente: Plan de desarrollo del Municipio de Ameca. WASSER Hidroingenieria de México



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

ANEXO N° 2: CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y PLANEAMIENTO
URBANÍSTICO

Portada

ANEXO N° 2: CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 2: CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y PLANEAMIENTO URBANÍSTICO</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. METODOLOGÍA	1
3. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO	1
3.1. Población urbana y rural.....	2
3.2. Población residente	2
3.3. Perspectivas de crecimiento demográfico.....	3
4. PLAN DE DESARROLLO URBANO	5
4.1. Abastecimiento del agua potable	5
4.2. Zonificación y utilización del suelo	6
4.3. Uso actual del suelo.....	8
4.4. Factores restrictivos a la urbanización.....	9
4.5. Posibles zonas para el desarrollo urbano futuro	9

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 2: CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y PLANEAMIENTO URBANÍSTICO</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

Índice de tablas

Tabla n° 1. Perspectivas de crecimiento demográfico..... 4

Índice de figuras

Figura n° 1. Evolución de la población 5



1. OBJETO

El objeto de este anexo es determinar la población máxima existente en el Municipio de Ameca y estimar el crecimiento poblacional para el año 2025, año horizonte según el Plan de Desarrollo Urbano del municipio.

Para ello, en primer lugar se analiza la población residente actual en el municipio y su evolución.

En segundo lugar, se estudia el Plan de Desarrollo Urbano del municipio, los factores restrictivos para el crecimiento de la población y las nuevas zonas de desarrollo previstas en dicho Plan.

2. METODOLOGÍA

Los datos que se presentan en este apartado se han obtenido del Plan de Desarrollo Urbano del municipio de Ameca, realizado en el año de 2001.

La proyección demográfica se ha realizado sólo con los datos de la población de derecho, puesto que la población estacional y turística se consideran prácticamente nula.

3. CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO

El estudio del crecimiento la población está en función de su composición, estructuras, dinámica, tendencias y distribución.

El comportamiento demográfico natural en el municipio de Ameca es de población creciente, aunque con una tasa de crecimiento irregular y variable en un período de los últimos 50 años.

A partir de dicho comportamiento demográfico se planteó una proyección tendencial de población al año 2025, con un crecimiento moderado que se considera como la mejor opción para que el municipio alcance un crecimiento sustentable y sostenido.



3.1. Población urbana y rural

La población urbana de Ameca fue de 35,083 habitantes en el 2005 y se refiere a los que tienen su domicilio en la cabecera municipal. Dicha clasificación responde al criterio de INEGI que define como urbana a la población municipal que vive en localidades mayores a 15,000 habitantes.

Del total de la población del Municipio de Ameca, el 28.3% vive en 102 localidades de menos de 1,000 habitantes, lo cual refleja un significativo grado de dispersión de la población rural y también habla de los obstáculos del fenómeno de concentración y dispersión en el proceso de planeación participativa y en los esfuerzos por alcanzar un desarrollo integral.

Si se toma en cuenta que hay 10 localidades de entre 500 y 999 habitantes que agrupan al 12.3% de la población total, se puede decir que solo el 16% restante (alrededor de 9,000 personas distribuidas en 84 asentamientos) presenta las mayores dificultades para su atención adecuada. Aún más solo el 2% de la población del Municipio habita en 63 localidades de menos de 100 habitantes.

3.2. Población residente

Según los datos tomados de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) la población censada en el año 2000 fue de 34,703 habitantes, donde 16,900 son hombre y 17,803 mujeres aumentando simbólicamente para el año 2005 con 35,083 habitantes con 17,013 hombres y 18,070 mujeres, el aumento tiene una tasa de crecimiento de 0.20%.

La evolución de la población residente en el municipio durante el período 2000-2005 es muy lento pero en aumento, comparado con el alto crecimiento poblacional experimentado por otros municipios de Jalisco.



3.3. Perspectivas de crecimiento demográfico

Existen marcadas diferencias en las tendencias del crecimiento demográfico a nivel de Estado, Municipio, cabecera municipal y localidades que reflejan la concentración de la población y la excesiva atracción que han ejercido ciertas ciudades y zonas urbanas en perjuicio de una mejor distribución y utilización de los recursos.

En los últimos cincuenta años el Municipio de Ameca incrementó su población en algo más del 100%, situándose muy por debajo del crecimiento estatal (162%).

El municipio alcanzó su mayor tasa media de crecimiento anual (2.54% anual) en los años cincuenta, observando en las décadas siguientes una tasa positiva pero decreciente. Las tasas de crecimiento medio anual fueron muy cercanas en los setenta y los ochenta y descendieron drásticamente en el último decenio (0.41%), donde influyeron tanto el fenómeno migratorio como la reducción en la tasa de natalidad.

Las características de población de la localidad del municipio de Ameca marcados en el plan de desarrollo actual manejan datos probabilístico basados en una tasa de crecimiento del 1.15% pero con datos hasta el año 2000.

Con el fin de obtener datos más actuales, se consultan los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) donde se verifica que la población del 2000 al 2005 tiene un crecimiento del 0.22%. Se decide utilizar este dato en este informe, ya que se obtiene a partir de información más actual y detallada.

Para calcular la tasa de crecimiento, se utilizó la fórmula de interés compuesto, cuya expresión algebraica se muestra a continuación:

$$Tc\% = \left[\left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] * 100$$

Los cálculos realizados sobre las proyecciones, son resultados hipotéticos basadas en cifras reales obtenidas de los censos, las cuales pueden variar la dinámica poblacional futura.

En la siguiente tabla se muestran las perspectivas de crecimiento demográfico, para la cabecera municipal de Ameca.

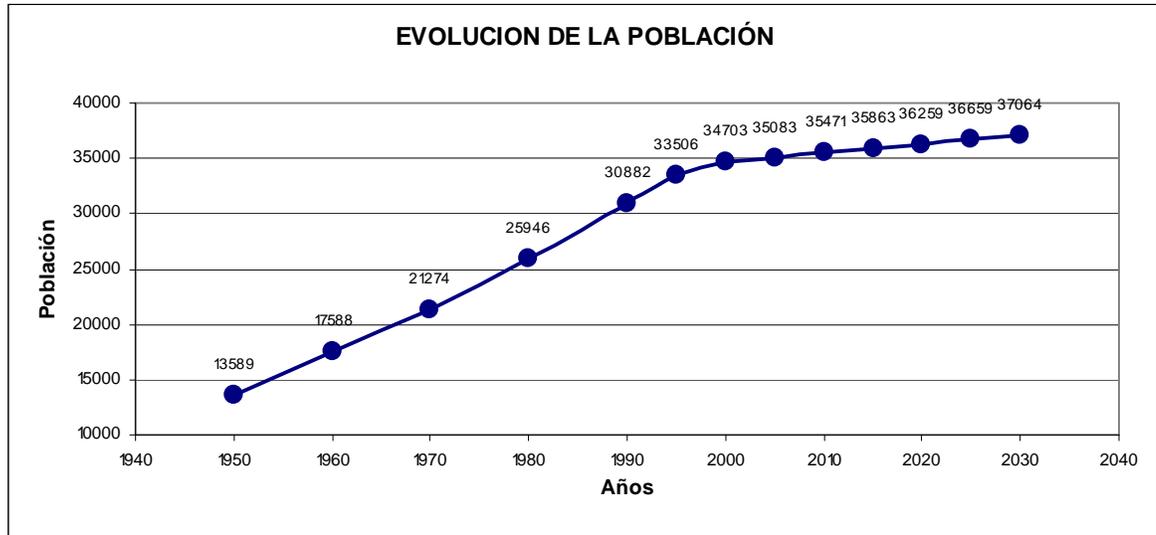
Tabla n° 1. Perspectivas de crecimiento demográfico

Año	Población	Población estimada	Tc (%)
1950	13589		
1960	17588		2.54
1970	21274		1.59
1980	25946		1.24
1990	30882		1.26
1995	33506		1.64
2000	34703		0.7
2005	35083		0.22
2010		35471	0.22
2015		35863	0.22
2020		36259	0.22
2025		36659	0.22

Fuente: Instituto nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

Elaboración: WASSER Hidroingeniería de México

Figura n° 1. Evolución de la población



Fuente: WASSER Hidroingeniería de México

4. PLAN DE DESARROLLO URBANO

En este apartado se analizan los aspectos relativos al planeamiento urbanístico que pueden afectar al sistema de agua potable, de acuerdo con los datos del Plan de Desarrollo Urbano del municipio correspondientes al periodo 2007-2025.

El Plan de Desarrollo Urbano del municipio está formulado con una visión de futuro cuyas estrategias y líneas de acción plantean su cumplimiento en el horizonte de planeación hasta el 2025.

4.1. Abastecimiento del agua potable

De acuerdo con los estudios realizados en el Plan de Desarrollo Urbano, en el servicio de agua potable a las viviendas se hace hincapié en la necesidad de mejorar las carencias dentro de este rubro ya que es insuficiente el servicio para el consumo humano, y ha afectado por muchos años a la población municipal en zonas centro y perimetrales.

El suministro del vital líquido se realiza por zonas y por tandeos. La dotación de agua potable para la ciudad de Ameca, se hace a través de once pozos. La capacidad total es de 155 lts/seg. aproximadamente, cantidad insuficiente para la demanda que se presenta, ya que a dos sectores de la ciudad se les proporciona el servicio cada tercer día. Además el servicio es irregular y está dado en dos horarios: de once de la noche a ocho de la mañana en ciertas áreas, y de ocho de la mañana a las ocho de la noche en otras, lo que representa serias molestias para la población.

Las redes de agua potable están dañadas y obsoletas, cuyos problemas más grave se presentan en las fugas y el desperdicio (por el que más del 40% del agua potable se tira al drenaje, se contamina y regresa en esta forma al río).

4.2. Zonificación y utilización del suelo

La determinación de zonas y utilización general del suelo, establece y regula los usos y destinos de los predios y las edificaciones que en ellos se construyan, indicando su categoría como usos y destinos predominantes. Esto se encuentra estipulado en el Plan de Desarrollo, que define las siguientes zonas:

- **Zonas de aprovechamiento de recursos naturales**, clasificadas en:
 - Zonas de actividades silvestres.
 - Zonas de actividades extractivas.
 - Zonas agropecuarias con uso agropecuario extensivo permitido donde puede incluirse todo tipo de cultivo, pastizal y agostadero.
 - Zonas para granjas y huertos en las que se permite el cultivo de frutales, hortalizas y flores, así como granjas avícolas y apiarios.

- **Zonas habitacionales**, que están tipificadas como sigue:
 - De densidad mínima permisible de hasta 80 habitantes o 16 viviendas por hectárea.
 - De densidad baja permisible de hasta 140 habitantes o 28 viviendas por hectárea,
 - De densidad media permisible de hasta 270 habitantes o 54 viviendas por hectárea.

- **Zonas de uso mixto habitacional**, donde la habitación es predominante pero compatible con otros usos comerciales y de servicios estrictamente de vivienda; en ellas no podrá ser menor del 75 por ciento.
- **Zonas comerciales y de servicio**, están clasificadas por el Plan en:
 - Comerciales y de servicios regionales, cuyas actividades tienen un alcance que rebasa al propio centro de población, por lo que son adecuadas en forma de corredores desarrollados sobre arterias del sistema vial primario con fácil accesibilidad hacia las salidas carreteras. En ellas los usos habitacionales deben quedar excluidos.
 - Zonas deservicios a la industria y al comercio, de alcance urbano y regional que se caracterizan porque su uso predominante lo constituyen las actividades de abastos, almacenamientos y talleres de servicios y ventas especializadas, pudiendo coexistir con giros seleccionados de tipo industrial de bajo impacto; normalmente se localizan cercanas a zonas industriales y centros de abastos, debiendo excluirse los usos habitacionales en estas zonas.
- **Zonas industriales**: dentro del plan de desarrollo no existen en el proyecto de zonificación para este apartado pero si se contempla su clasificación y se presenta como sigue:
 - Industria ligera y riesgo bajo y comprenden una amplia gama de actividades manufactureras, que no causen un desequilibrio ecológico ni rebasen los límites y condiciones para proteger al ambiente y para prevención de siniestros y riesgos urbanos. Las actividades industriales de este tipo pueden desarrollarse dentro de edificios cerrados completamente, siendo adecuadas para crear una zona de transición entre las zonas habitacionales o comerciales y otros usos industriales que involucran mayor grado potencial de emisiones y emergencias ambientales.



4.3. Uso actual del suelo

Actualmente los principales usos que se le está dando al suelo por su área de aplicación en el municipio son los siguientes:

Aprovechamiento de recursos naturales.

No existen explotación forestal, minero-metalúrgica ni actividades extractivas dentro del área de estudio. El mayor porcentaje de espacio en este rubro se manifiesta en la actividad agropecuaria y agroindustrial.

Actividades agropecuarias.

Las actividades agrícolas se dan en algunas zonas de la periferia en toda el área de aplicación, aprovechando las propiedades del suelo predominando la siembra de maíz. En cuanto a las actividades pecuarias, destaca el ganado bovino de carne, bovino de leche, porcino, ovino, caprino y aves de huevo y carne.

Alojamiento temporal uso turístico.

No existe una zona específica donde se concentre este uso del suelo y no es un sitio turístico por lo que la población que se hospeda es de paso.

Habitacional.

El uso de suelo en la zona de la cabecera municipal es predominantemente habitacional.

Comercial y de Servicios.

Existen comercios y servicios diseminados por toda la mancha urbana, y las mayores concentraciones se presentan a lo largo de las vialidades principales y por la calle que confluyen de ésta hacia la plaza principal, así como alrededor de la misma en la zona centro de la población.

Usos Mixtos.

Se caracteriza por áreas de vivienda mezcladas con zona comercial y de servicios, sobre todo, predominando en la zona centro de la población.

4.4. Factores restrictivos a la urbanización

Existen determinados factores que son restrictivos a la hora de urbanizar una nueva área, como son la topografía, las características del suelo, las zonas inundables, las zonas protegidas, etc. A continuación, se indican estos factores y la forma en que influyen a la hora de establecer las nuevas zonas urbanizables del municipio de Ameca.

Topográficos. En este aspecto, dentro del área de aplicación sólo la zona ubicada al noroeste en las faldas del cerro El Ocotillo, en que se presentan pendientes mayores del 15%.

Hidrológicos. Se consideran todos los bordos, presas, lechos y márgenes de los arroyos, escurrimientos, canales de riego y el río Ameca, dentro de la zona de estudio.

Geológicas. En Las faldas del cerro Ocotillo se localizan los suelos de extrema dureza así como algunas fallas geológicas que dificultan la introducción de infraestructura.

Edafológicas. La presencia de vertisol pelico (Vp) a lo largo del río Ameca, acentuando hacia la zona noreste y la zona sur de la población, por sus características de ser un suelo expansivo y arcilloso, no es apto al desarrollo urbano. Al suroeste y sureste de la población la edafología señala una zona de suelo compuesto por Luvisol Ortico (Lo) predominante, que es un suelo arcilloso por lo cual es restrictivo al desarrollo urbano.

Vegetación. Existen zonas de uso potencial de uso agrícola en los tres niveles, moderado, intenso y muy intenso, que ocupan la mayor parte del área de estudio

4.5. Posibles zonas para el desarrollo urbano futuro

Zona noreste. Delimitada al norte por las vías del ferrocarril; al noreste por la carretera a Ahualulco; al este el camino a La Estancita; al sur el Río Ameca; y al oeste el límite de la mancha urbana actual. Condicionada por el alto potencial agrícola del terreno y al requerimiento de infraestructura para su desarrollo.

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO ANEXO N° 2: CRECIMIENTO DEMOGRÁFICO Y PLANEAMIENTO URBANÍSTICO	Pág. 10
---	--	---------

Zona este. Sus límites son: al norte, el área de protección del Río Ameca; al este La Esperanza; al sur las colonias Jalisco y Santa Cecilia y al oeste el barrio del Santuario. Condiciona por el requerimiento de infraestructura para su desarrollo.

Zona suroeste. Área cuyos límites son: al norte la franje de protección de la carretera Ameca-Mascota; al este el fraccionamiento Providencia y el camino a la Coronilla; al sur el límite de la actual mancha urbana; y al oeste el fraccionamiento Lomas de San Javier. Condicionada por el requerimiento de infraestructura para su desarrollo.

Zona oeste. Sus límites son: al norte el camino a Arroyo Hondo, las colonias San Francisco y Las Margaritas y los fraccionamientos Los Mezquites, El Carmen y Jardines de Guadalupe; al este el barrio centro, la zona industrial actual y el barrio del Santuario; al sur la franja de protección de la carretera Ameca- Mascota y la franja de protección del arroyo Santiago; al suroeste la franje de protección del Río Ameca.

Zona Noroeste. Sus límites son: al norte Zonas agrícolas; al sureste los fraccionamientos El Rocío y Los Mezquites; y al sur la colonia Las margaritas, la Unidad Deportiva Gral. Manuel H. Gómez Cueva. y el camino a Arroyo Hondo.

Por otra parte el Municipio de Ameca cuenta con zonas en proceso de regularización las cuales en un futuro cercano requiere la dotación de servicios, entre ellos se encuentran los siguientes:

- Fraccionamiento "Providencia". Ubicado en propiedad privada, es irregular ya que carece de los servicios de drenaje y agua potable.
- Fraccionamiento "La Higuera". Se encuentra en zona ejidal y no cuenta con los servicios de agua potable y drenaje.
- Fraccionamiento "Jardines de Guadalupe". Ubicado en terreno ejidal y no cuenta con los servicios de agua potable y drenaje.
- Fraccionamiento "Lomas de San Javier". Es irregular. Se ubica sobre terreno ejidal y no cuenta con los siguientes servicios: electrificación, alumbrado público, agua potable, drenaje y sólo tiene machuelos.



- Fraccionamiento "Arboledas". Se ubica en propiedad privada, ya recibió el municipio la primera y segunda etapas y la tercera esta en proyecto solo se tiene el terreno (sin servicios).
- Colonia "San Isidro". Está ubicado en propiedad privada, no cuenta con los servicios de drenaje y agua potable (en tramite ante CORETT).
- Colonia "Unión". Con situación irregular. Se localiza en propiedad ejidal y no cuenta con servicios de drenaje y agua potable.
- Colonia "Las Ladrilleras". Se ubica sobre propiedad privada. Es irregular y no cuenta con los servicios de drenaje y agua potable.
- Colonia "Las Margaritas". Se ubica sobre propiedad privada. Es irregular y no cuenta con los servicios agua potable y drenaje
- Colonia "Zona sur" (incluye Rancho Corona). Es irregular, se ubica sobre zona ejidal y no cuenta con los servicios de drenaje y agua potable.
- Colonia "La Esperanza". En proceso de regularización. Se localiza en propiedad ejidal y se están tramitando escrituras. Cuenta con servicios de agua potable y drenaje aunque cabe señalar que ambas instalaciones requieren rehabilitarse porque son muy viejas (25 años) y atraviesan fincas.



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

Portada

ANEXO N° 3: INVENTARIO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

ANEXO N°3: INVENTARIO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 3: INVENTARIO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	--	---

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. METODOLOGÍA	1
3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	1
3.1. Fuentes de suministro	4
3.1.1. Pozo El Panteón	4
3.1.2. Pozo El Brillante	4
3.1.3. Pozo Cancún.....	5
3.1.4. Pozo La Ciénega	6
3.1.5. Pozo El Colorado	6
3.1.6. Pozo La Isla.....	7
3.1.7. Pozo Y	8
3.1.8. Pozo Consorcio Hogar	8
3.1.9. Pozo La Reyna.....	9
3.1.10. Pozo John Deere	9
3.1.11. Pozo SIAPAME.....	10
3.2. Tanques de almacenamiento	10
3.3. Red de distribución.....	12
3.3.1. Conducciones	12
3.3.2. Elementos de la red de distribución	15
4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	15

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 3: INVENTARIO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	--	---

Índice de tablas

Tabla n° 1. Inventario de tuberías de distribución.....	13
Tabla n° 2. Válvulas cerradas permanentemente.....	16
Tabla n° 3. Válvulas reguladas	17
Tabla n° 4. Válvulas que se mueven periódicamente	18

Índice de figuras

Figura n° 1. Esquema hidráulico de la red del municipio	3
Figura n° 2. Pozo El Panteón	4
Figura n° 3. Pozo El Brillante	5
Figura n° 4. Pozo Cancún.....	5
Figura n° 5. Pozo La Ciénega	6
Figura n° 6. Pozo El Colorado	7
Figura n° 7. Pozo La Isla	7
Figura n° 8. Pozo Y	8
Figura n° 9. Pozo Consorcio Hogar	8
Figura n° 10. Pozo La Reyna.....	9
Figura n° 11. Pozo John Deere	10
Figura n° 12. Tanque del SIAPAME	11
Figura n° 13. Tanque elevado La Reyna.....	11
Figura n° 14. Tanque enterrado Consorcio Hogar	12
Figura n° 15. Inventario de tuberías de distribución por material	14
Figura n° 16. Inventario de tuberías de distribución por rangos de diámetros	15



1. OBJETO

El objeto de este anexo es realizar un inventario del sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de Ameca y describir el funcionamiento del mismo. Esta información servirá como base para la realización del modelo matemático de la red del municipio que permitirá estudiar el comportamiento y la respuesta de la red y sus parámetros hidráulicos bajo cualquier supuesto.

2. METODOLOGÍA

La información necesaria para la realización de este anejo obtiene a partir del levantamiento del catastro de la red del municipio llevado a cabo por Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V., dentro del proyecto en estudio.

Para conocer el funcionamiento de la red (horarios de bombeos, maniobras de válvulas, etc.) se han realizado varias entrevistas con los encargados de la explotación del sistema.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

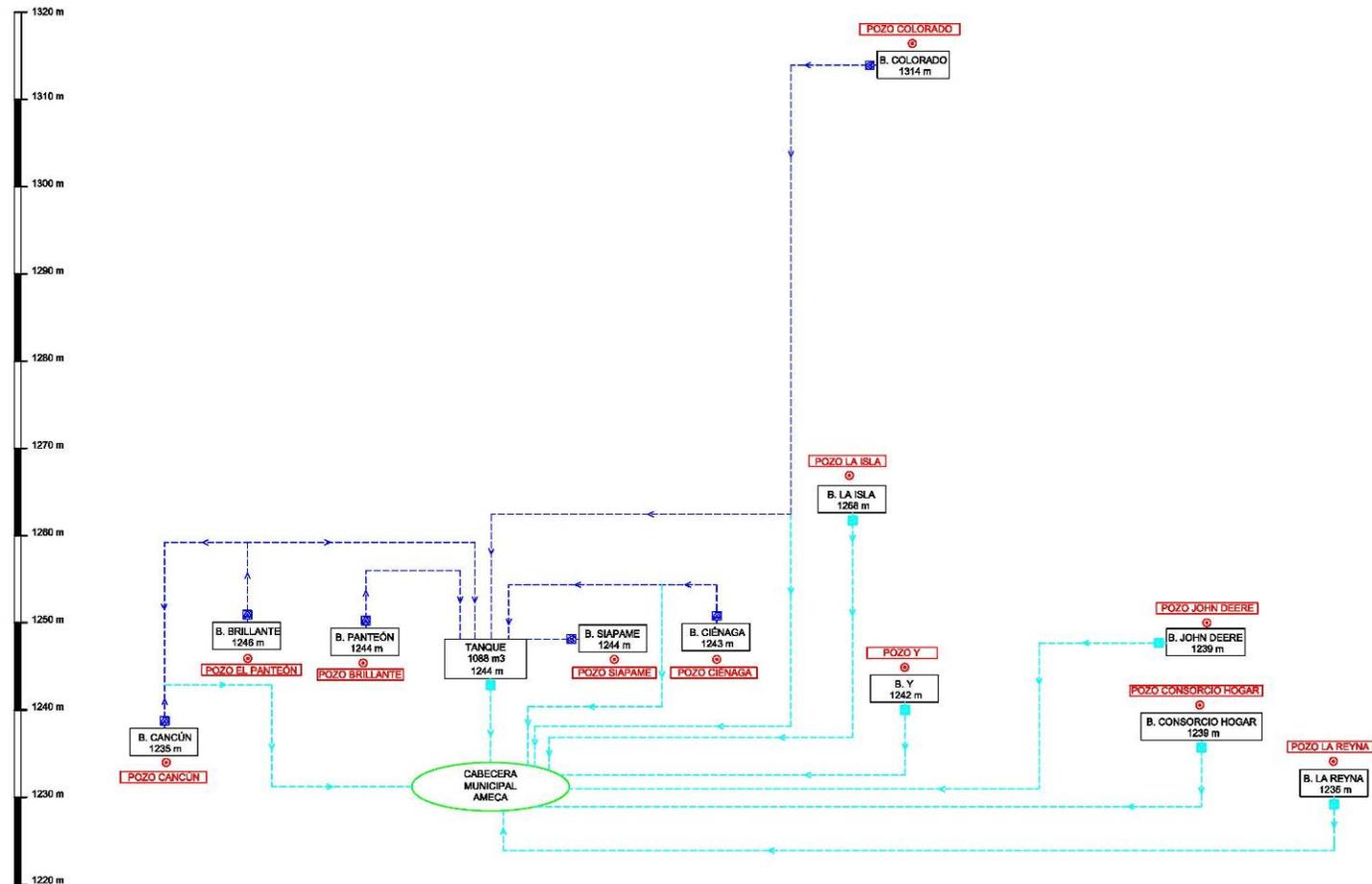
La red de abastecimiento de un municipio se divide generalmente en las siguientes partes:

- Fuentes de suministro: son aquellos puntos desde los que se aporta agua al sistema de abastecimiento.
- Red de aducción: conjunto de conducciones existente entre las fuentes de suministro y los tanques de almacenamiento de agua.
- Tanques: infraestructuras destinadas al almacenamiento de agua, ya sean de cabecera o de regulación.
- Red de distribución: conjunto de conducciones destinadas a repartir los caudales de agua potable desde los tanques hasta los puntos de consumo dentro de los núcleos de población.



En la siguiente figura se muestra un esquema del funcionamiento hidráulico de la red del municipio.

Figura n° 1. Esquema hidráulico de la red del municipio



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1. Fuentes de suministro

Las fuentes de suministro del sistema de abastecimiento del municipio de Ameca constan de once pozos. A continuación se presenta una descripción general de cada uno de estos elementos.

3.1.1. Pozo El Panteón

El pozo se encuentra situado en el Camino Portezuelo, en la Colonia Municipal. Este pozo abastece directamente al tanque que se ubica en las instalaciones del organismo operador de agua del municipio. Funciona 24 horas al día.

Figura n° 2. Pozo El Panteón



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.2. Pozo El Brillante

El pozo El Brillante se sitúa en Fnte. Estación de Ferrocarril, en la Colonia Potrero El Brillante. La salida de este pozo se bifurca en dos, una de las líneas abastece al tanque del SIAPAME, y la otra se une con la salida del pozo Cancún para abastecer a las Colonias Los Ángeles y Huerta de Morales y parte del Centro urbano. Este pozo funciona 24 horas al día.

Figura n° 3. Pozo El Brillante



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.3. Pozo Cancún

Se encuentra ubicado en la C/ Paso de Cancún, en el Fraccionamiento El Rocío. La salida de este pozo se une con la salida del pozo Brillante para para abastecer a las Colonias Los Ángeles y Huerta de Morales y parte del Centro Urbano. El pozo funciona 24 horas al día.

Figura n° 4. Pozo Cancún



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.4. Pozo La Ciénega

Este pozo se ubica en la C/ Salud y suministra agua al tanque que se encuentra en las instalaciones del organismo operador del agua y también a un ramal de la Calle República. Funciona 24 horas al día.

Figura n° 5. Pozo La Ciénega



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.5. Pozo El Colorado

Este pozo se ubica a aproximadamente 3.0 km al noreste del caso urbano del municipio. Tiene una única bomba que alimenta tanto a la red de abastecimiento como al tanque de las instalaciones del SIAPAME. Funciona las 24 horas del día.

Figura n° 6. Pozo El Colorado



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.6. Pozo La Isla

Se encuentra aproximadamente a 1.6 km al norte del casco urbano de Ameca, en la C/ Potrero El Mapo, en la Colonia La Isla. Abastece directamente a la zona oeste de la red durante las 24 horas del día.

Figura n° 7. Pozo La Isla



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.7. Pozo Y

Este pozo envía agua de manera directa a un par de colonias que se encuentran en la sección norte del municipio. Opera 24 horas al día.

Figura n° 8. Pozo Y



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.8. Pozo Consorcio Hogar

Este pozo se sitúa en la salida de la Carretera hacia Ahualulco y alimenta también de forma directa a la red. Funciona 24 horas al día.

Figura n° 9. Pozo Consorcio Hogar



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.9. Pozo La Reyna

Este pozo se encuentra situado en la C/ José Ch. Ramírez, en la Colonia La Reyna y suministra agua de manera directa a la zona sur de la red de abastecimiento del municipio.

Tiene dos salidas, una de ellas va a una pequeña sección de la colonia La Reyna y la otra va directamente al resto de la red de abastecimiento. Funciona 24 horas al día.

Figura n° 10. Pozo La Reyna



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.10. Pozo John Deere

Este pozo se sitúa en el Potrero El Pozo y abastece directamente a la zona sur de la red de abastecimiento del municipio. Funciona 24 horas al día.

De acuerdo con la información facilitada por el organismo, este pozo presenta problemas de calidad del agua (con turbidez y mal olor).

Figura n° 11. Pozo John Deere



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.1.11. Pozo SIAPAME

Este pozo se encuentra dentro de las instalaciones del SIAPAME y se ha puesto en funcionamiento durante el mes de julio de 2009 para abastecer a unas pocas viviendas situadas al lado de las instalaciones y para suministrar agua al tanque que se encuentra junto a él. Funciona 24 horas al día.

3.2. Tanques de almacenamiento

Un tanque es una infraestructura estanca destinada a la acumulación de agua para consumo humano, usos industriales, riego de zonas verdes, etc.

El sistema de abastecimiento de agua potable de Ameca cuenta con un único tanque situado en las instalaciones del organismo operador del agua en el municipio, a una cota aproximada de 1244 m.s.n.m..

Se trata de un tanque superficial de mampostería y planta rectangular. Está formado por tres cámaras conectadas entre sí y tiene una capacidad aproximada de 1088 m³.

Este tanque se abastece a partir de los pozos El Panteón, Brillante, El Colorado y La Ciénaga. La salida del mismo se realiza a través de un rebombeo que suministra agua a la red del centro urbano.

Figura n° 12. Tanque del SIAPAME



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Existen tres tanques más en el municipio, aunque están fuera de servicio. Se trata de dos tanques elevados en la Colonia La Reyna y La Esperanza, y otro enterrado junto al pozo Consorcio Hogar. Se desconoce la capacidad de estos tanques.

Figura n° 13. Tanque elevado La Reyna



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Figura n° 14. Tanque enterrado Consorcio Hogar



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.3. Red de distribución

La red de distribución es el conjunto de conducciones aguas abajo de los tanques, destinadas a repartir el agua potable a los puntos de consumo en los núcleos de población.

En el municipio de Ameca la red es mixta, existiendo zonas donde es ramificada y otras donde es mallada. De todas formas, destacar que estas últimas, de acuerdo al funcionamiento hidráulico actual de la red (cierre de válvulas), presentan un comportamiento de red ramificada. Este sistema de funcionamiento ramificado no es el más recomendable desde el punto de vista sanitario, ya que fomenta los ramales muertos, fondos de saco y cambios de presión.

3.3.1. Conducciones

La longitud total de la red de distribución en estudio es de 116,880.36 m. La distribución de longitudes, por material y diámetro se muestra en la siguiente tabla.

Tabla n° 1. Inventario de tuberías de distribución

Diámetro (mm)	Material					Longitud por diámetro (m)
	AC	FC	HG	HF	PVC	
19	5.54					5.54
25			4.20		3.75	7.95
50	1.38	1243.14	47.10	53.30	3625.59	4970.51
63		1.32	6.41		1645.84	1653.56
75	55.22	23411.34	270.98		28799.60	52537.15
100	20.14	9558.03	193.35		12751.19	22522.72
150	100.14	7137.10	151.03		6083.31	13471.58
200	82.59	3785.19	43.52		1962.52	5873.82
250	110.74	3422.51	37.10		4672.88	8243.23
300	18.67	2424.22	23.36		3018.43	5484.68
350		975.26	2.61			977.87
400		180.44	4.39		2.12	186.95
600	34.74	869.57				904.31
SD	33.50		6.98			40.49
Longitud por material (m)	462.68	53008.12	791.04	53.30	62565.22	116880.37

AC – Acero

FC – Fibrocemento (Asbesto cemento)

HG – Hierro galvanizado

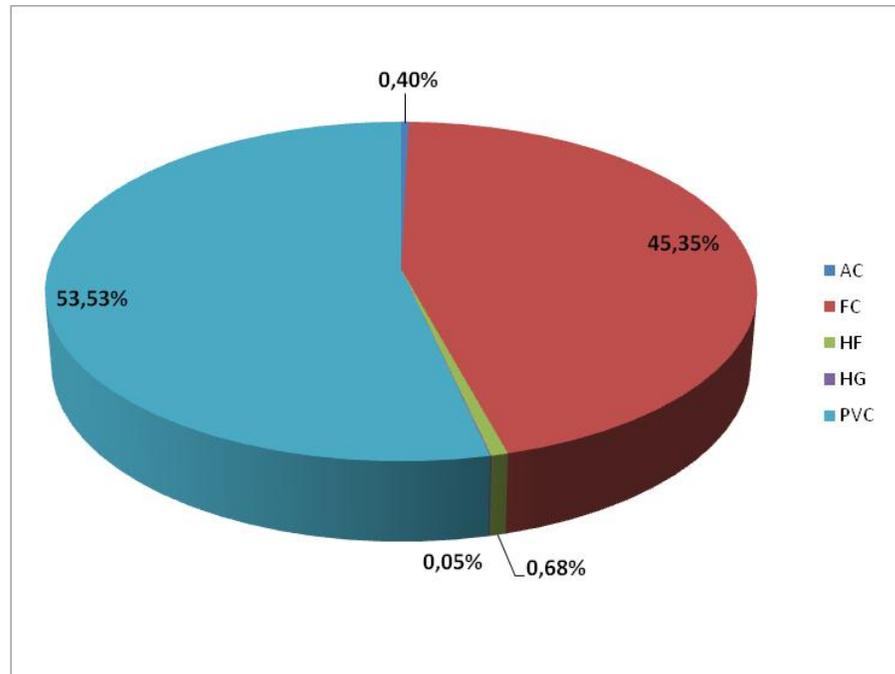
HF – Hierro fundido

PVC – PVC

Fuente: Catastro de redes realizada por Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Entre los materiales de las tuberías de distribución predominan el PVC (53.33%) y el fibrocemento (45.35%). En menor proporción se utilizan las de hierro fundido, acero y hierro galvanizado. En la Figura n° 15 se puede ver la proporción de materiales de tuberías en la red de distribución.

Figura n° 15. Inventario de tuberías de distribución por material



AC – Acero

FC – Fibrocemento (Asbesto cemento)

HG – Hierro galvanizado

HF – Hierro fundido

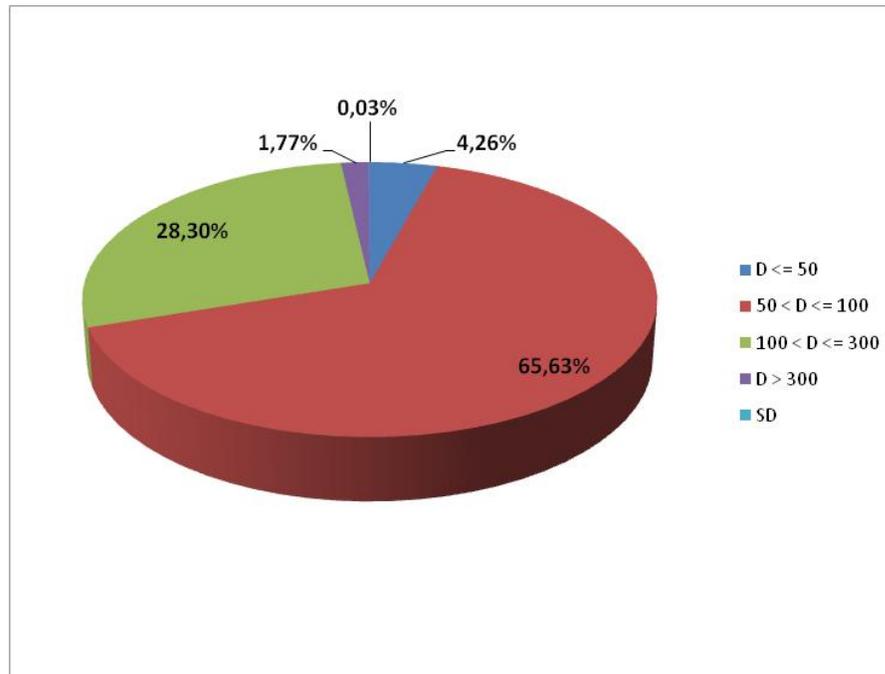
PVC – PVC

Fuente: Catastro de redes realizada por Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Respecto a los diámetros de las conducciones de la red de distribución, éstos se encuentran entre 19-600 mm, de los cuales los diámetros de 75 mm y 100 mm representan la mayoría de la red (ver Figura n° 16).

La distribución de diámetros de la red se muestra en el **Plano n° 3: "Distribución de diámetros de la red"**.

Figura n° 16. Inventario de tuberías de distribución por rangos de diámetros



Fuente: Catastro de redes realizada por Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3.3.2. Elementos de la red de distribución

La red de distribución contiene los siguientes elementos: 306 válvulas de corte, 6 válvulas reguladoras de presión, 10 válvulas check, 15 válvulas eliminadoras de aire, 3 desagües, 6 medidores de flujo, 12 bombas y 8,803 tomas domiciliarias (estas últimas no están digitalizadas).

4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema de distribución de agua potable del municipio de Ameca es bastante complejo, cuenta con 11 pozos que abastecen tanto al único tanque de regulación existente como a la red, directamente. Aunque este último procedimiento no es recomendable, en este caso el suministro de agua se realiza de esta forma para darle presión a la red, ya que la diferencia de cotas en el municipio es muy baja.

Existen también una gran cantidad de válvulas cerradas y reguladas. Además, debido a la escasez de agua, existe un sistema de "tandeos", es decir, se realizan maniobras, diariamente o en días alternos, en algunas válvulas para dar agua a unas zonas u otras.

En las siguientes tablas se indican las válvulas cerradas permanentemente, las válvulas reguladas y las que se operan periódicamente. En ellas se indica la clave de campo que aparece en Gestired Global Solution©, el diámetro de la válvula y su localización. Esta información ha sido suministrada por el SIAPAME.

Tabla n° 2. Válvulas cerradas permanentemente

Clave de Campo	Diámetro (mm)	Localización
3_4-004	200	salida Pozo La Isla
B4-003	250	Cont. Av. Ferrocarril
B4-010	100	Salida Pozo Panteón
B5-001	100	C/ Ramón Corona, esq. C/ La Estación
B5-002	150	salida Pozo Brillante
B6-003	100	salida Pozo Y
B6-004	50	salida Pozo Y
B6-008	100	salida Pozo Ciénaga
B7-005	100	Fracc. Valle Magno
B8-007	150	Fracc. Valle Magno
C3-005	100	salida Pozo Cancún
C5-002	250	C/ Corregidora
C5-003	350	C/ Corregidora, esq. C/ La Estación
C5-004	250	C/ Corregidora, esq. C/ La Estación
C8-002	75	calle sin nombre perpendicular a C/ Labor de Soliz
D5-008	75	paralela a C/ Luz, entre C/ 28 Septiembre e Independencia
D6-001	150	C/ Hospital, esq. C/ Norte
D6-006	75	C/ Prado, esq. C/ Independencia
D6-007	75	C/ Prado, esq. C/ Independencia
D6-008	75	C/ La Luz, esq. C/ Independencia
D6-014	200	C/ Hospital, esq. C/ Pastor
D6-015	75	C/ Pastor, esq. C/ Hospital
D6-016	63	C/ de las Rosas, esq. C/ Hospital
D6-017	75	C/ Independencia, esq. C/ Norte

Clave de Campo	Diámetro (mm)	Localización
D6-019	50	C/ Norte, esq. C/ Granja
D7-001	150	Zona Este del municipio
E3-003	200	C/ Allende, esq. Av. Ferrocarril
E4-013	75	C/ Guadalupe Vázquez, esq. Emilio Carranza
E5-007	150	C/ Independencia, esq. C/ Abasolo
E6-001	100	C/ Álamo
E6-006	100	C/ Enrique Díaz de León, esq. C/ Abasolo
F5-001	150	C/ 16 de Septiembre (junto al puente)
F5-003	300	C/ J. Amaya Topete (junto al puente)
F5-005	200	C/ Constitución (junto al puente)
F5-010	75	C/ J. Amaya Topete, esq. Calzada Flavio Romero de V.
F6-002	100	C/ Eucalipto, esq. C/ Laurel
F6-003	100	C/ Eucalipto, esq. C/ Laurel
F6-009	100	C/ Eucalipto, esq. C/ Cedro
G7-002	75	C/ 2da de Franco, esq. 5 de Febrero
H5-001	75	Av. Patria Este, esq. Ramón Palomar
I8-002	100	Av. Patria Oeste
I8-004	100	Av. Patria Oeste
J5-003	50	salida pozo La Reyna
M10-003	150	salida pozo John Deere

Fuente: SIAPAME

Tabla n° 3. Válvulas reguladas

Clave de Campo	Diámetro (mm)	Localización
C4-003	100	C/ Juventino Rosas, esq. Juan de Añesta
E3-002	100	C/ Sevilla
G7-001	150	C/ 5 de Febrero, esq. 2da. de Franco
H6-001	100	Crucero José Salazar López Sur y Camino a San Ignacio
H6-004	200	Crucero José Salazar López Sur y Camino a San Ignacio
H6-005	75	Crucero José Salazar López Sur y Camino a San Ignacio
H6-006	75	Crucero José Salazar López Sur y Camino a San Ignacio
H6-007	100	Crucero José Salazar López Sur y Camino a San Ignacio
H6-008	200	Crucero José Salazar López Sur y Camino a San Ignacio
H6-009	200	Crucero José Salazar López Sur y Camino a San Ignacio
J5-001	100	Salida del pozo La Reyna

Fuente: SIAPAME

Tabla n° 4. Válvulas que se mueven periódicamente

Clave de Campo	Diámetro (mm)	Localización	Movimiento
3_4-009	200	Salida del Pozo La Isla	Se cierra de 15 h a 18 h cada tercer día
B4-002	300	Av. Ferrocarril	Se abre un día a las 5:30 h de la mañana y se cierra al día siguiente a la misma hora
B4-006	100	C/ Portezuelo	Se abre un día a las 6 h de la mañana y se cierra al día siguiente a la misma hora
C3-001	75	C/ Clavel, esq. Av. Ferrocarril	Se abre a las 6 h y se cierra a las 12 h, cada tercer día
C3-003	100	C/ Toluquilla, esq. Leona Vicario	Se abre a las 5 h y se cierra a las 22 h, diariamente
C4-001	100	Unión Av. Maestros y C/ Alameda	Se abre a las 6 h y se cierra a las 15 h, cada tercer día
C5-001	250	C/ Corregidora	Se abre a las 16:30 h y se cierra a las 22 h, diariamente
C5-006	75	C/ Obreros, esq. C/ Corregidora	Se abre a las 10:30 h y se cierra a las 15 h, diariamente
C5-008	150	C/ Obreros, esq. C/ Corregidora	Se abre a las 15 h y se cierra a las 22 h, diariamente
C5-010	250	C/ Alameda, esq. Corregidora	Se abre a las 10:30 h y se cierra a las 15 h, diariamente
C5-011	300	C/ Corregidora, esq. Alameda	Se cierra a las 10:30 h y se abre a las 15 h, diariamente
C5-023	200	Entrada al tanque SIAPAME, desde pozo El Colorado	Se cierra a las 16:30 h y se abre a las 22 h, diariamente
D2-001	75	C/ Naranjo, esq. Almendro	Se cierra a las 22 h y se abre al día siguiente a las 15 h, para volver a cerrar a las 22 h del día siguiente
D3-004	150	C/ de las Rosas, esq. Av. Ferrocarril	Se abre a las 5 h y se cierra a las 21 h, cada tercer día
D4-008	75	C/ Pocito	Se cierra a las 5 h y se abre a las 17 h, cada tercer día
H7-004	75	Calle que cruza con C/ 15 de Septiembre	Se cierra a las 9 h y se abre a las 18 h, cada tercer día
H7-009	100	C/ San Isidro, esq. Av. Patria Oeste	Se cierra a las 12 h y se abre a las 17 h, diariamente
I6-001	100	C/ Salvador Esquer Apodaca	Se cierra a las 6 h y se abre a las 17 h, diariamente

Fuente: SIAPAME

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 3: INVENTARIO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</p>	<p>Pág. 19</p>
---	--	----------------

A continuación se describe el funcionamiento y modo de operación del sistema:

Los **pozos SIAPAME y El Panteón** abastecen únicamente al tanque de regulación del municipio. Además de estos, al tanque también le llega agua procedente de los pozos El Colorado, Brillante y La Ciénega. La salida del tanque se realiza a través de un rebombeo, que suministra agua a la zona Centro del municipio. Este **rebombeo** tiene el siguiente horario de funcionamiento:

- De 4:30 A.M. a 11:00 A.M.: encienden el bombeo para alimentar a la Colonia Centro. Para ello, cierran las válvulas C5-006, C5-008, C5-010 y permanece abierta la válvula C5-011.
- De 12:30 P.M. a 03:00 P.M.: encienden el bombeo para dar agua a la Colonia La Soledad. Se abren las válvulas C5-006 y C5-011, y se cierran las válvulas C5-008 y C5-011.
- De 05:00 P.M. a 09:30 P.M.: encienden para abastecer a las Colonias San José y La Ciénega, abriendo la válvula C5-008 y dejando cerradas las válvulas C5-006, C5-010 y C5-011.
- De 10:30 P.M. a 03:00 A.M.: de nuevo suministran agua a la zona Centro.

El **pozo El Colorado** suministra agua al tanque a través de la válvula C5-023, estando la válvula C5-001 cerrada, excepto en el periodo comprendido entre las 04:30 P.M. y las 10:00 P.M.. Durante este tiempo, se cierra la válvula C5-023 y se abre la C5-001, aunque sólo 10 vueltas, para abastecer al barrio de El Santuario, mediante la tubería de asbesto cemento de diámetro 200 mm que atraviesa el río Ameca a través del puente.

El **pozo La Ciénega** abastece al tanque de regulación y también a un pequeño ramal en la C/ República.

La línea de salida del **pozo Brillante** se bifurca en dos, una de las conducciones abastece al tanque de regulación y la otra va hacia el oeste, donde se une con la tubería de salida del **pozo Cancún** y abastecen a la Colonia Los Ángeles a través de la válvula C3-002. La válvula C3-003, localizada en la C/ Toluquilla, se cierra diariamente

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 3: INVENTARIO Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA</p>	<p>Pág. 20</p>
---	--	----------------

desde las 9:00 P.M. hasta las 5:00 A.M. para presurizar la línea que se encuentra al norte. Antes de unirse con la salida del pozo Cancún, el pozo Brillante abastece a la zona oeste del Fraccionamiento Municipal a través de la válvula C4-003, que está regulada.

El **pozo La Y** abastece a los fraccionamientos Las Victorias y Guadalupano, aunque también se comunica con la red que abastece a la zona Centro.

El **pozo La Isla** suministra agua por una parte a la zona oeste del municipio (Fraccionamientos El Rocío, Los Mezquites y Jardines de Guadalupe y Colonias San Francisco y Obrera) y por otra, a los fraccionamientos Municipal (zona este), Los Romero y El Fresno. El abastecimiento de agua en estas zonas se realiza mediante "tandeos".

Durante un día abren la válvula B4-002 para dar agua a la zona oeste y dejan la válvula que abastece a los demás fraccionamientos (B4-006) cerrada. Ese mismo día abren la válvula C3-001 (en la Calle Clavel) para abastecer al Fraccionamiento El Rocío de 6:00 A.M. a 12:00 P.M., y la válvula D3-004 (en la Calle de las Rosas) para suministrar a la Colonia Obrera desde las 5:00 A.M. a las 9:00 P.M..

Al día siguiente cierran la válvula B4-002 y abren la B4-006, para dar agua a los fraccionamientos del centro. La válvula D4-008, en la Calle Pocito, se cierra de 5:00 A.M. a 5:00 P.M. para presurizar las líneas de la zona norte. Durante este día, se cierra la válvula 3_4-009, en la línea de salida del pozo, de 3:00 P.M. a 6:00 P.M. para dar agua a los ranchos cercanos a través de la válvula 3_4-007.

El **pozo Consorcio Hogar** suministra agua los fraccionamientos Valle Magno, Tepeyac, parte de La Ciénega y Arboledas, cruza el río y abastece también a La Loma, parte de Santa Cecilia, Colonia México y La Esperanza.

El **pozo La Reyna** abastece a las Colonias La Reyna y Rancho Corona. La válvula I6-001, en la Calle Salvador Esquer Apodaca, se cierra de 6:00 A.M. a 5:00 P.M. para dar agua a La Reyna.



El **pozo John Deere** abastece a El Manantial, San Isidro y parte de El Santuario y Santa Cecilia. La válvula H7-009, en la Calle San Isidro se cierra de 12:00 P.M. a 5:00 P.M. para dar agua a la zona de El Manantial.

 <p>GEA JALISCO</p>	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 4: DETECCIÓN DE FUGAS</p>	<p>Portada</p>
--	---	----------------

ANEXO N°4: DETECCIÓN DE FUGAS

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 4: DETECCIÓN DE FUGAS</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. METODOLOGÍA	1
2.1. Geófonos	2
2.2. Correladores	4
3. RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE DETECCIÓN DE FUGAS.....	6
4. CONCLUSIONES.....	8

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 4: DETECCIÓN DE FUGAS</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	---	---

Índice de tablas

Tabla n° 1. Clasificación de las fugas localizadas según ubicación	7
Tabla n° 2. Clasificación de las fugas localizadas según la técnica empleada	7
Tabla n° 3. Clasificación de las fugas localizadas según el código de reparación.....	7
Tabla n° 4. Clasificación de las fugas en línea de distribución por tipo de material .	8

Índice de figuras

Figura n° 1. Distribución del sonido en las fugas	2
Figura n° 2. Geófono empleado en la detección de fugas.....	3
Figura n° 3. Principios de la correlación	5
Figura n° 4. Correlador empleados en la detección de fugas	6
Figura n° 5. Clasificación de las fugas por tipo de material	8
Figura n° 6. Clasificación de las fugas según ubicación	9

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO ANEXO N° 4: DETECCIÓN DE FUGAS	Pág. 1
---	--	--------

1. OBJETO

El objeto de este anexo es analizar el plan de localización de fugas realizado en el *Municipio de Ameca dentro del "Proyecto de Catastro de redes, localización de fugas, modelamiento hidráulico, SIG y proyecto de sectorización en las cabeceras municipales de Ameca, Talpa de Allende y Tapalpa, Jalisco"*, con el fin de exponer los resultados y establecer su influencia en la realización del modelo matemático de la red de agua potable.

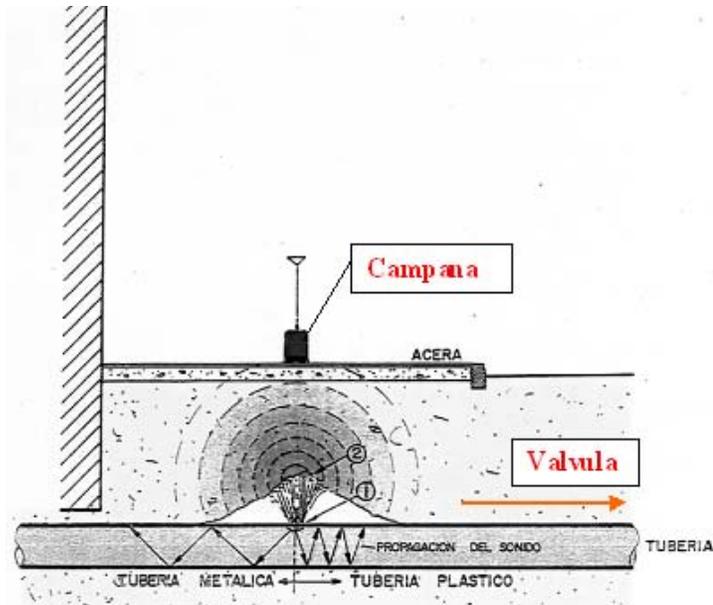
2. METODOLOGÍA

En el Municipio de Ameca la búsqueda y localización de fugas se ha hecho mediante sistemas basados en el sonido.

El agua al salir por un orificio o ruptura, produce dos sonidos:

- Uno de los sonidos se produce cuando el chorro a presión choca con el medio físico que rodea a la tubería, trasmitiéndose en ondas circulares por dicho medio. Este sonido es el captado por las campanas de los geófonos.
- El segundo sonido se produce por el roce del fluido con las paredes de la ruptura u orificio. Este sonido se transmite por el agua de la tubería y es el que llega a los elementos instalados sobre las conducciones (válvulas, hidrantes, etc.). Este sonido es el captado tanto por los sensores de los geófonos como por los acelerómetros de los correladores.

Figura n° 1. Distribución del sonido en las fugas



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

La transmisión y alcance de este sonido están en función de:

- El material y diámetro de las tuberías. El sonido se trasmite bien por las conducciones metálicas, mal por el fibrocemento y por las conducciones realizadas de material plástico (polietileno y PVC).
- El diámetro de las tuberías. Cuanto mayor sea el diámetro de la tubería antes se atenúa el sonido propagado.

Dichos factores son determinantes para la aplicación de uno u otro sistema de detección de fuga aunque, en cualquier caso, la aplicación del correlador no exime de la utilización final del geófono como método para la exacta ubicación de la avería.

2.1. Geófonos

Los geófonos son equipos electrónicos amplificadores del sonido, dotados de filtros y funcionalidades para la localización, registro, memoria, etc.

Una serie de complementos (micrófonos) sirven para contactar con el transmisor del sonido, ya sea este el suelo o los elementos instalados sobre la tubería. Así, existen campanas diferentes para distintos tipos de suelo (duros o blandos) y varillas para auscultar los elementos en contacto con la conducción.

En esta campaña de detección de fugas se ha empleado la varilla electrónica de escucha y geófono de piso instrumentado digital, modelo AS3 GUTERMANN MESSTECHNIK, tal y como puede observarse en la siguiente figura.

Figura n° 2. Geófono empleado en la detección de fugas



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

El geófono ha sido y sigue siendo, el instrumento fundamental en la localización de las fugas. Cualquiera que sea la metodología, al final, la última palabra la tiene el geófono. Consecuentemente debe ser un equipo imprescindible en cualquier servicio y que se amortizará solamente con la definición correcta de los puntos de apertura de cateos para las reparaciones.

La aplicación de este sistema tiene una buena relación de fuga-economía, si bien sus resultados son limitados, debido a la subjetividad de los trabajos. Por esta razón para la aplicación y eficacia de este método es fundamental la experiencia y habilidad de los técnicos

 <p>GEA JALISCO</p>	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 4: DETECCIÓN DE FUGAS</p>	<p>Pág. 4</p>
--	---	---------------

2.2. Correladores

Los correladores son la evolución tecnológica de los geófonos. Estos equipos están basados en la captura del sonido que se trasmite por la conducción desde dos puntos, aunque los equipos más modernos tienen la posibilidad de ejecutar la correlación desde un solo punto (aunque con un punto de apoyo cercano, normalmente una acometida).

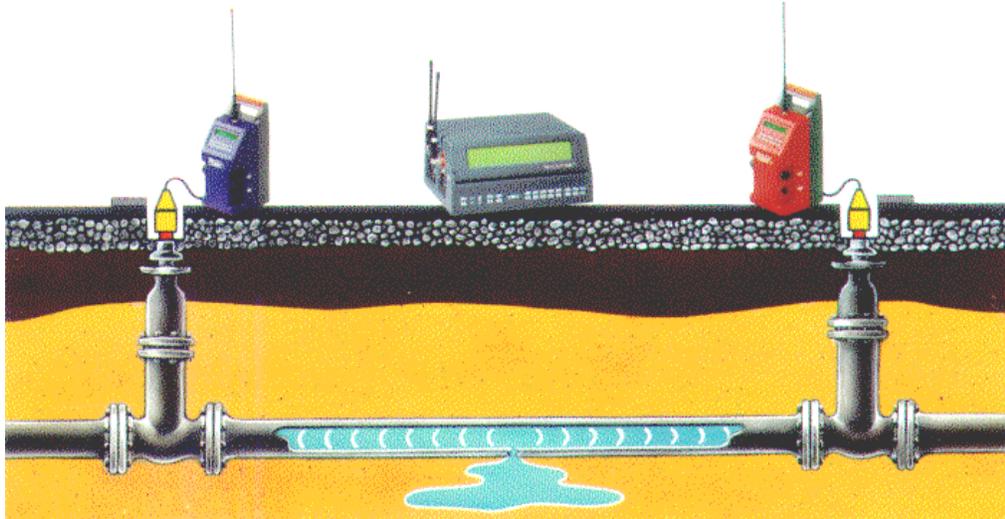
En los equipos convencionales mediante el cálculo de los tiempos que tarda en llegar el sonido a los dos puntos, la unidad central indica la distancia a la que se encuentra la avería a cada uno de ellos. Esta misma tiene funciones de amplificación, selección de filtros, control y tratamiento de datos. Los sensores captan la señal y los transmisores la envían a la unidad central donde se procesan los datos y visualizan los resultados.

Mediante el tratamiento matemático de la señal a través de la transformada de Fourier, se obtienen distintos tiempos de llegada a cada sensor del patrón de ruido procedente de la fuga. La diferencia de tiempos es lo que se denomina tiempo de retardo TD, y es uno de los datos que visualiza la unidad central.

Para evaluar el grado de similitud entre las señales que llegan a cada sensor se halla la función de correlación. Cuando la similitud entre señales es máxima en un mismo punto después de múltiples correlaciones el equipo indica el TD y la distancia al sensor más cercano.

Para su funcionamiento es imprescindible que el sonido llegue a los puntos de conexión.

Figura n° 3. Principios de la correlación



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

El proceso con el correlador se inicia auscultando con un geófono las válvulas, identificando el sonido de fuga y posteriormente instalando el equipo y realizando la correlación del sonido. Una vez localizada la fuga, esta se ubica con exactitud haciendo uso del geófono equipado con la campana que se adapte al tipo de terreno bajo el que discurra la tubería.

La aplicación del correlador está condicionada por:

- El grado de conocimiento que se tenga del trazado de las conducciones,
- El material y diámetro de las conducciones,
- La existencia de suficientes elementos de contacto (válvulas y accesorios).

El correlador de ruidos de fuga digital utilizado en esta campaña es el modelo Aquascan 610S GUTERMANN MESSTECHNIK.

Figura n° 4. Correlador empleados en la detección de fugas



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

3. RESULTADOS DE LA CAMPAÑA DE DETECCIÓN DE FUGAS

La campaña de detección de fugas del Municipio de Ameca se llevó a cabo en el mes de julio de 2009 y se inspeccionaron 114,608.00 ml de red de agua potable, en los cuales se encontraron 76 fugas. Éstas se reportaron al municipio para su posterior reparación, con un código asignado en función de la gravedad de las mismas.

- Código 1: Reparación urgente e inmediata
- Código 2: Reparación programada
- Código 3: Reparación menor (goteos)

Tras la finalización de la campaña se han podido procesar y analizar los datos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla n° 1. Clasificación de las fugas localizadas según ubicación

Tipo	N° fugas
Fuga en línea de distribución	11
Fuga en toma domiciliaria	46
Fuga en caja de operación	19
Total	76

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Tabla n° 2. Clasificación de las fugas localizadas según la técnica empleada

Tipo	N° fugas
Visual	75
Instrumentada	1
Total	76

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

**Tabla n° 3. Clasificación de las fugas localizadas según el código de
reparación**

Tipo	N° fugas
Código 1	11
Código 2	10
Código 3	55
Total	76

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

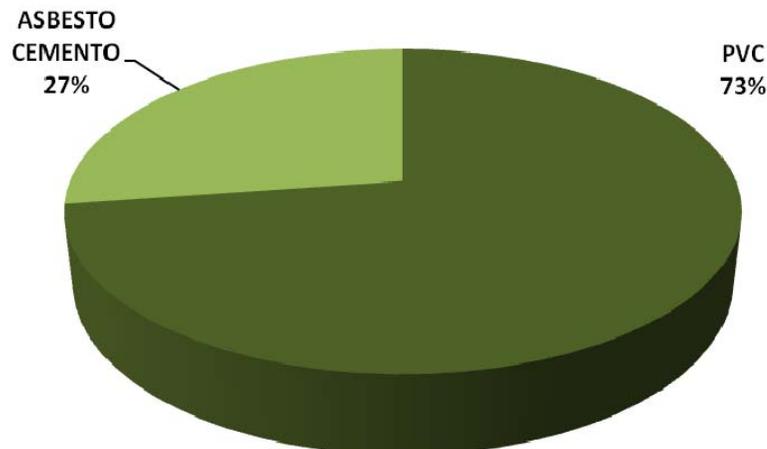
Se han encontrado 11 fugas en líneas de distribución. A continuación, se hace una clasificación de éstas según el material de la tubería donde se han encontrado. Como puede observarse, la mayoría de las fugas se han encontrado en tuberías de PVC y asbesto cemento.

Tabla n° 4. Clasificación de las fugas en línea de distribución por tipo de material

Tipo	N° fugas
PVC	8
ASBESTO CEMENTO	3
ACERO	0
Total	11

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Figura n° 5. Clasificación de las fugas por tipo de material



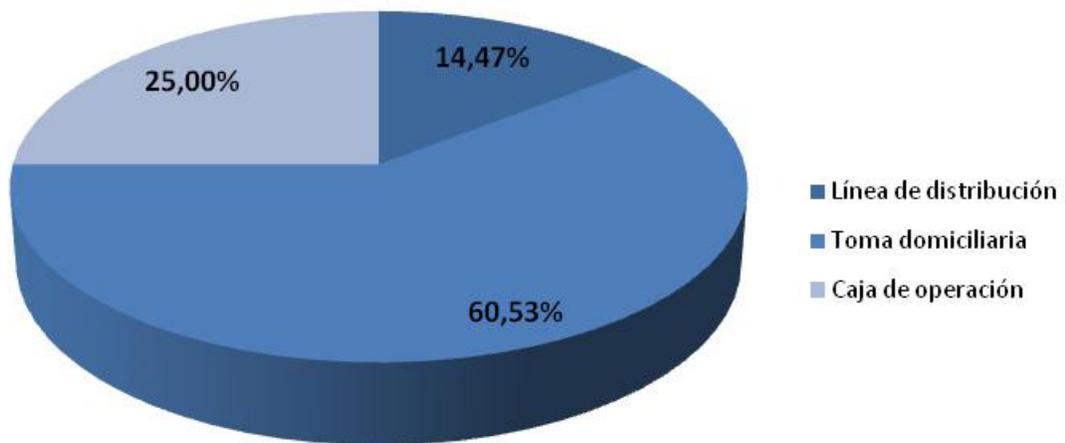
Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

4. CONCLUSIONES

Como puede observarse en el siguiente gráfico la mayor parte de las fugas se han localizado en las tomas domiciliarias seguida por fugas en las cajas de operación de válvulas y por último en las líneas de distribución, lo que evidencia una mala instalación en las uniones y/o llegadas en la transición de vía pública a domiciliaria (tomas de llegada a las casas). En las cajas de operación de válvulas hace falta la reparación de los elementos hidráulicos y en algunos casos la sustitución de los mismos.

En el caso de las fugas en las líneas de distribución, a pesar de estar en tercer lugar en número, no se debe catalogar como menor ya que una fuga de red visible o no visible puede representar una cantidad importante de pérdida en flujo y presión, desestabilizando con esto el sistema.

Figura n° 6. Clasificación de las fugas según ubicación



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Con los datos anteriores, se obtiene un índice de fugas **0.66 fugas/km** de sistema de abastecimiento.



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS
HIDRÁULICOS

Portada

ANEXO N°5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS</p>	<p>Índice</p>
---	--	---------------

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. METODOLOGÍA	1
3. EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS	2
3.1. Equipos de medición de caudal	2
3.2. Equipos de medición de presión.....	3
4. DISEÑO DE LA CAMPAÑA DE MEDICIONES	4
5. RESULTADOS	7

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	--	---

Índice de tablas

Tabla n° 1. Mediciones de caudal y presión	4
Tabla n° 2. Campaña de mediciones de caudal y presión	5
Tabla n° 3. Valores medios de caudal	7
Tabla n° 4. Valores medios de presión.....	8

Índice de figuras

Figura n° 1. Equipo de medición de caudal	3
Figura n° 2. Equipo de medición de presión DICKSON PR300 y software para descarga de datos	4

Apéndices

Apéndice n°1: Fichas de las mediciones de caudal

Apéndice n°2: Fichas de las mediciones de presión



1. OBJETO

El objeto de este anexo es describir la campaña de mediciones de parámetros hidráulicos llevada a cabo para la realización del modelo matemático de la red de distribución de Ameca, y presentar los resultados obtenidos.

2. METODOLOGÍA

Con el objetivo de conocer en profundidad el funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable del municipio de Ameca y poder a su vez calibrar el modelo matemático, es imprescindible la realización de una campaña de mediciones de caudales y presiones en toda la red, para poder comparar los datos obtenidos en campo con los calculados en el modelo matemático.

Algunos parámetros pueden ser contrastados por medida directa de los mismos en la red. Tal es el caso de las curvas características de las bombas, el estado de las válvulas o las consignas en el caso de las válvulas reductoras de presión. En cambio, la mayoría de ellos son difíciles de medir con exactitud, como por ejemplo las rugosidades de las tuberías y las pérdidas localizadas. En estos casos se debe recurrir a medidas indirectas para comprobar que efectivamente los valores asignados son los correctos y, de no ser así, corregirlos para que en la medida de lo posible produzcan el mismo efecto que los parámetros reales de la red.

El criterio utilizado para ubicar los puntos de la red donde se realizan las mediciones es aquel que nos permite conocer el estado hidráulico de los puntos más críticos para el funcionamiento general del sistema. Como norma general, los puntos críticos en una red para conocer su comportamiento hidráulico son:

- Puntos de menor cota, por las máximas presiones que se generan en ellos. Así se puede llegar a conocer el límite superior del rango de presiones de funcionamiento del sistema. Son puntos que hay que tener en cuenta para



conocer los problemas que puede haber en la red derivados del exceso de presiones.

- Puntos de mayor cota, por las mínimas presiones que se generan. Estos puntos nos darán el límite inferior del rango de presiones del sistema. Asociados a estos puntos se encuentran las zonas de la red con problemas de abastecimiento, por lo que resulta de especial importancia el conocer su comportamiento.
- Puntos aguas abajo de una bifurcación, donde interesa conocer el reparto de caudales que se produce en cada salida de la ramificación.
- Puntos aguas abajo de un elemento de red, como una válvula reguladora de presión o un equipo de bombeo. Las condiciones hidráulicas de estos puntos permitirá conocer el régimen real de funcionamiento del elemento y la manera en que éste incide en el comportamiento de la red en su zona de influencia.

A continuación se describe la campaña que se ha realizado en este municipio.

3. EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

Para la realización de esta campaña se han empleado los equipos de medición de caudal y presiones que se describen a continuación.

3.1. Equipos de medición de caudal

Para las mediciones de caudal se han utilizado medidores ultrasónicos DWYER PUX con sensores PSX2, que funcionan con un mecanismo no intrusivo con lo que no hay que perforar la tubería. Están formados por dos emisores/receptores de señal que se sitúan abrazando la tubería en el punto donde se quiere medir el caudal que circula. Cada emisor/receptor envía una señal ultrasónica al otro, y por la diferencia de tiempo existente entre que uno envía y otro recibe la señal se calcula el caudal circulante. Los datos son almacenados en el registrador, a intervalos definibles por el usuario y durante todo el periodo que dura la medición. Posteriormente, estos datos se pasan a un ordenador, donde son procesados.

Las especificaciones técnicas de este caudalímetro son las siguientes:

- Rango de diámetros: 50-400 mm
- Rango de velocidades: -32...32 m/s
- Rango de temperaturas de trabajo: -40 °C...100 °C
- Precisión de lectura: $\pm 1\%$
- Peso: 1500 g

Figura n° 1. Equipo de medición de caudal



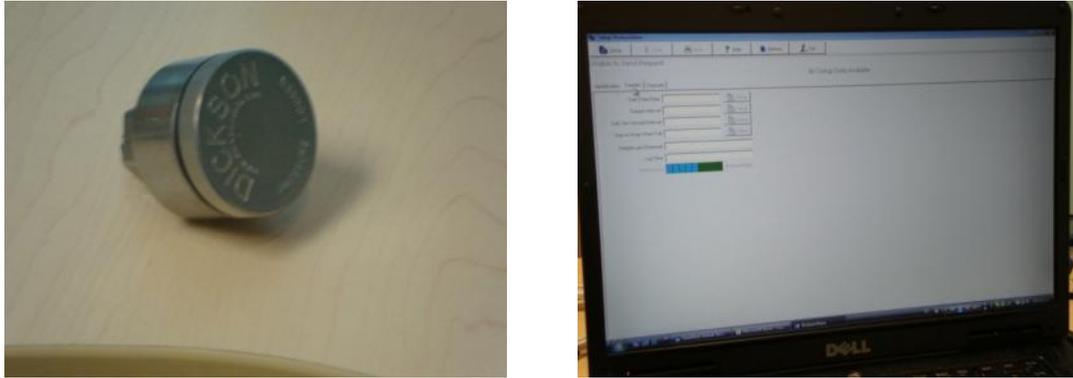
Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

3.2. Equipos de medición de presión

Para las mediciones de presión se han empleado 8 registradores de presión DICKSON PR300. Estos medidores van registrando internamente la presión a intervalos previamente definidos en el aparato durante el periodo para el que están colocados. Posteriormente, estos datos se vuelcan a un ordenador, donde son procesados. Las especificaciones técnicas de los registradores de presión son las siguientes:

- Rango de medida: 0 – 300 psi
- Precisión de lectura: $\pm 1\%$
- Rango de temperaturas de trabajo: 0 – 50°C
- Duración de las baterías: 5 años a temperatura ambiente

Figura n° 2. Equipo de medición de presión DICKSON PR300 y software para descarga de datos



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4. DISEÑO DE LA CAMPAÑA DE MEDICIONES

Para la apropiada realización del modelo matemático del municipio de Ameca, se realizaron un total de 15 mediciones de caudal y 20 mediciones de presión, tal y como se presenta en la siguiente tabla. Estas mediciones se llevaron a cabo en el periodo comprendido entre el 21 de julio y el 12 de agosto de 2009.

Tabla n° 1. Mediciones de caudal y presión

Mediciones	Tipo	Número	Total
Caudal	Extendidas	7	15
	Cortas	8	
Presión	Extendidas	14	19
	Cortas	6	

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

En el **Plano n° 4: "Campaña de mediciones de parámetros hidráulicos"** se indican los puntos exactos donde se han realizado las mediciones y en los **Apéndices n°1 y n°2** se muestran las fichas de las mediciones realizadas.



Tabla n° 2. Campaña de mediciones de caudal y presión

Lugar	Duración	Caudal	Presión	SEMANA 20-26 JULIO					
				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Pozo Consorcio Hogar	2 h	Sí	Sí						
Pozo La Ciénega	2 h	Sí	Sí						
Pozo La Reyna	2 h	Sí	Sí						
Pozo Siapame	2 h	Sí	Sí						
Pozo Panteón	2 h	Sí	Sí						
Pozo Cancún	2 h	Sí	No						
Salida La Reyna 1	24 h	Sí	No						
Presión en zona abastecida por el pozo La Reyna (3 puntos)	24 h	No	Sí						

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Lugar	Duración	Caudal	Presión	SEMANA 27 JULIO-2 AGOSTO					
				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Consorcio Hogar (cruce río)	24 h	Sí	Sí						
Presión en la zona sur (4 puntos)	24 h	No	Sí						
Pozo La Isla	2 h	Sí	Sí						
Pozo Brillante	2 h	Sí	No						

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.



Lugar	Duración	Caudal	Presión	SEMANA 3-9 AGOSTO					
				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Salida tanque	24 h	Sí	No						
Presión en la zona abastecida por el tanque (4 puntos)	24 h	No	Sí						
Salida La Isla 1	24 h	Sí	No						
Salida La Isla 2	24 h	Sí	No						
Presión en la zona abastecida por el pozo La Isla (2 puntos)	2 h	No	Sí						

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Lugar	Duración	Caudal	Presión	SEMANA 10-16 AGOSTO					
				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Salida La Reyna (hacia tanque)	24 h	Sí	No						
Salida John Deere	24 h	Sí	No						

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

5. RESULTADOS

Los resultados de esta campaña de medición se han utilizado para conocer en mayor profundidad el funcionamiento de la red de distribución del municipio de Ameca. Las mediciones de caudal y presión en bombas se han empleado para conocer su curva real de funcionamiento. Asimismo, a través de las mediciones de presión y caudal distribuidas por toda la red se puede conocer la presión media de la misma y el caudal inyectado. Estos datos permitirán realizar la calibración del modelo matemático, lo cual nos asegura que los resultados ofrecidos por el mismo reflejan el comportamiento real de la red.

A continuación se muestran los valores medios de presión y caudal registrados en cada uno de los puntos.

Tabla n° 3. Valores medios de caudal

Punto de medición	Localización	Fecha	Caudal medio (m ³ /h)
1	Pozo El Brillante	31/07/2009	25.31
5	Pozo El Panteón	23/07/2009	73.68
7	Pozo Cancún	23/07/2009	52.23
9	Pozo Consorcio Hogar	21/07/2009	76.86
13	Salida La Reyna	24-25/07/2009	0.80
15	Salida La Reyna (hacia tanque)	11-12/08/2009	28.51
17	Salida John Deere	11-12/08/2009	127.09
20	Consorcio Hogar (cruce río)	28-29/07/2009	68.30
23	Salida tanque Siapame	05-06/08/2009	226.05
26	Pozo Siapame	22/07/2009	20.91
28	Pozo La Ciénega	21/07/2009	60.62
30	Pozo La Isla	30/07/2009	81.40
32	Pozo La Reyna	22/07/2009	31.86
34	Salida La Isla 1	07-08/08/2009	0.00 ⁽¹⁾
36	Salida La Isla 2	07-08/08/2009	82.43

⁽¹⁾No circulaba agua por esta tubería

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Tabla n° 4. Valores medios de presión

Punto de medición	Localización	Fecha	Presión media (mca)
6	Pozo El Panteón	23/07/2009	15.55
10	Pozo Consorcio Hogar	21/07/2009	43.35
14	C/ Juan Gil Preciado	24-25/07/2009	9.85
16.1	C/ José Ch. Ramírez	24-25/07/2009	11.29
16.2	C/ Alejandro Peña	24-26/07/2009	6.03
18	Salida John Deere	28-29/07/2009	6.56
19.1	Av. Patria	28-29/07/2009	7.01
19.2	C/ José Salazar	28-29/07/2009	6.45
21	Consorcio Hogar (cruce río)	28-29/07/2009	26.91
22	C/ Labor de Soliz	28-29/07/2009	33.33
25.1	C/ Corregidora	05-06/08/2009	7.44
25.2	C/ Allende	05-06/08/2009	8.48
25.3	C/ Toluquilla	05-07/08/2009	3.99
25.4	C/ Dr. Luis Romero Arias	05-07/08/2009	5.01
27	Pozo Siapame	22/07/2009	3.25
29	Pozo La Ciénega	21/07/2009	3.40
31	Pozo La Isla	30/07/2009	1.12
33	Pozo La Reyna	22/07/2009	6.57
37.1	C/ Juventino Rosas	07-08/08/2009	11.64
37.2	Av. Ferrocarril	07-08/08/2009	4.82

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS
HIDRÁULICOS

Apéndice 1

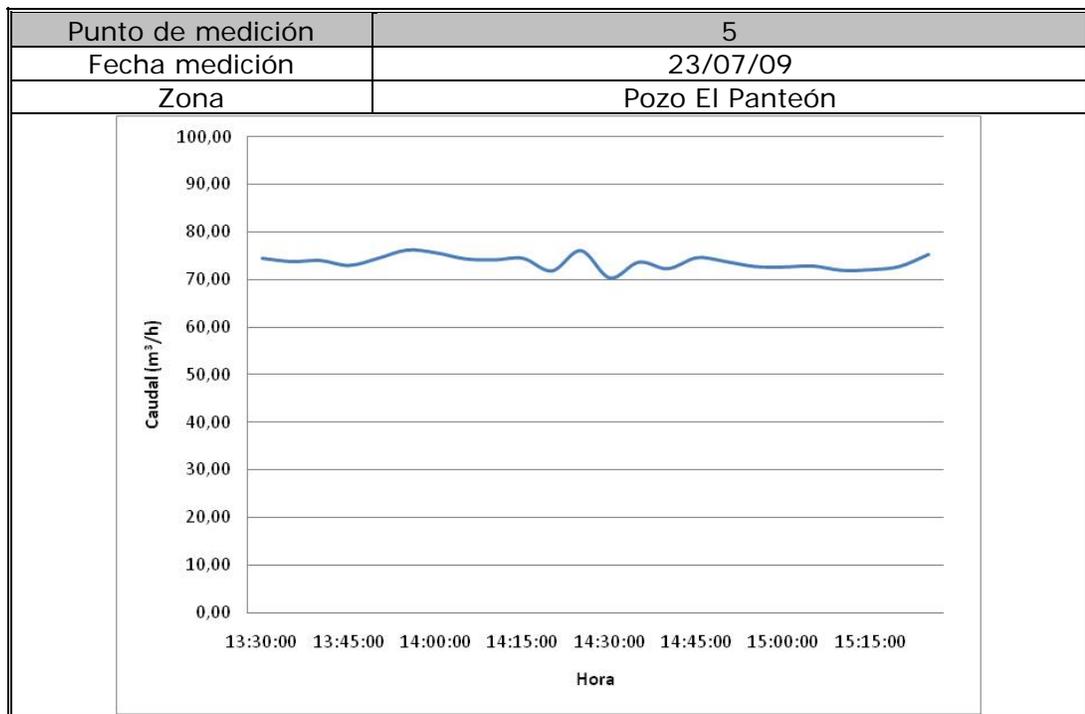
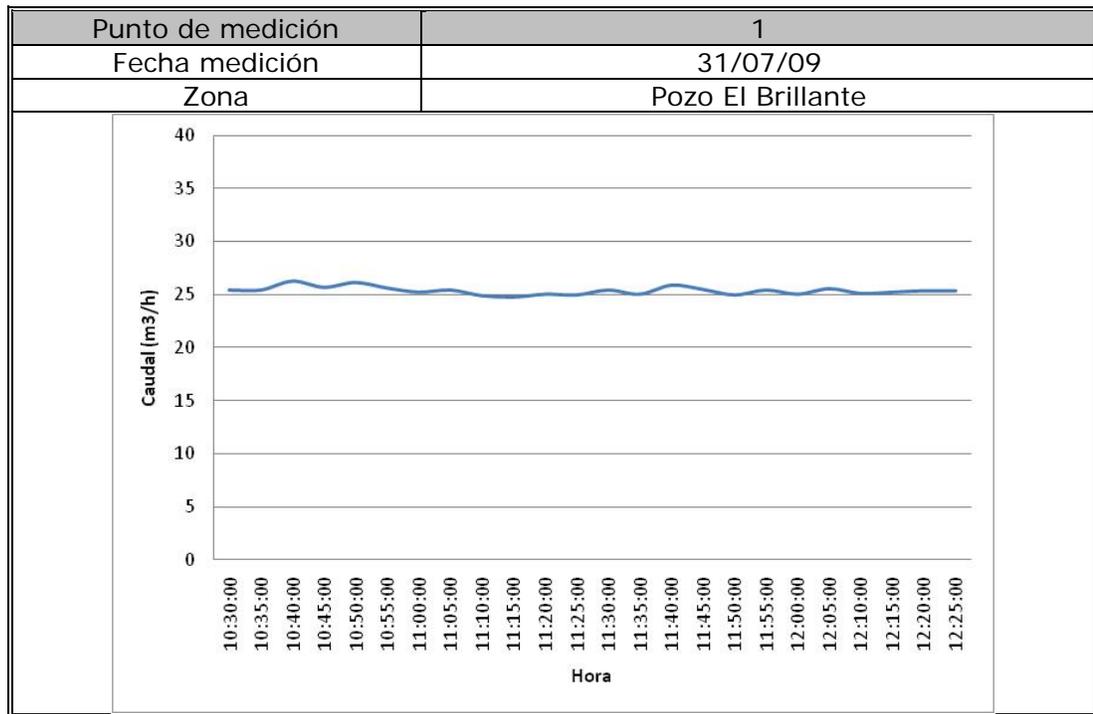
APÉNDICE N°1: FICHAS DE LAS MEDICIONES DE CAUDAL



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

Apéndice 1

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

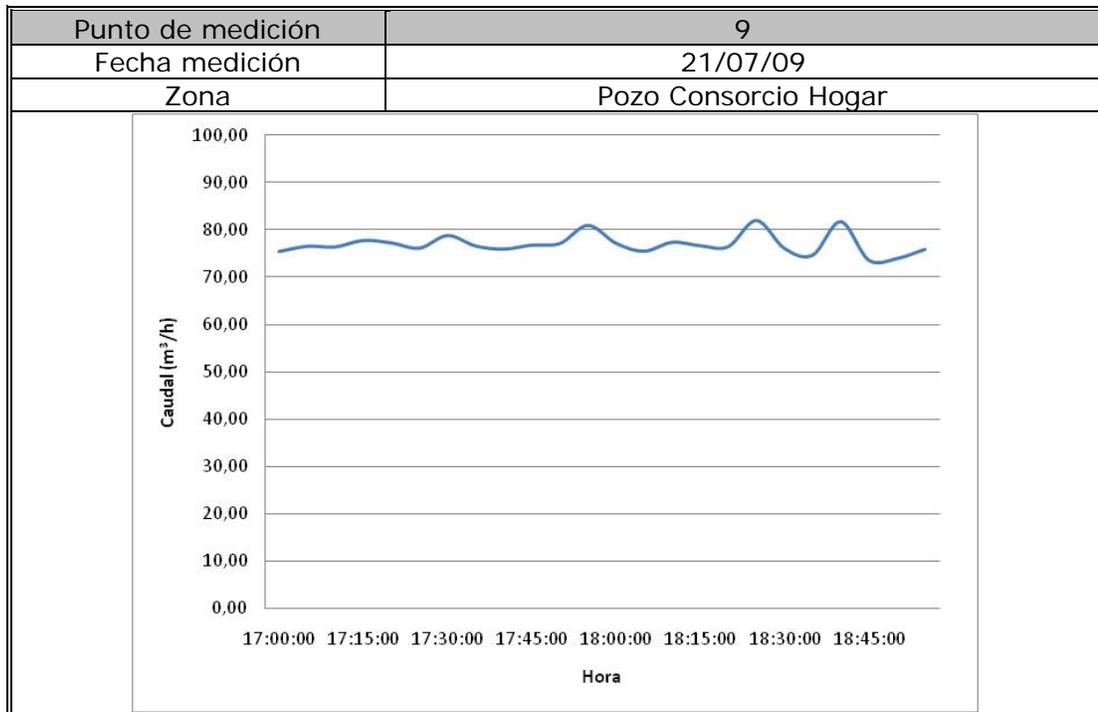
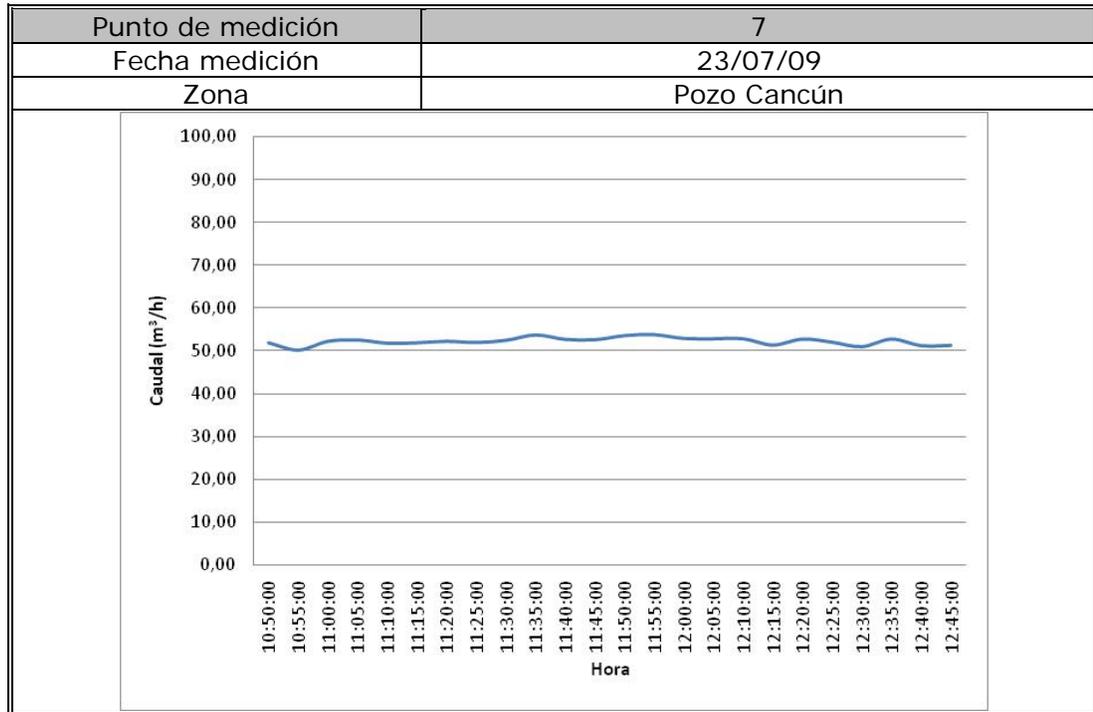




PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

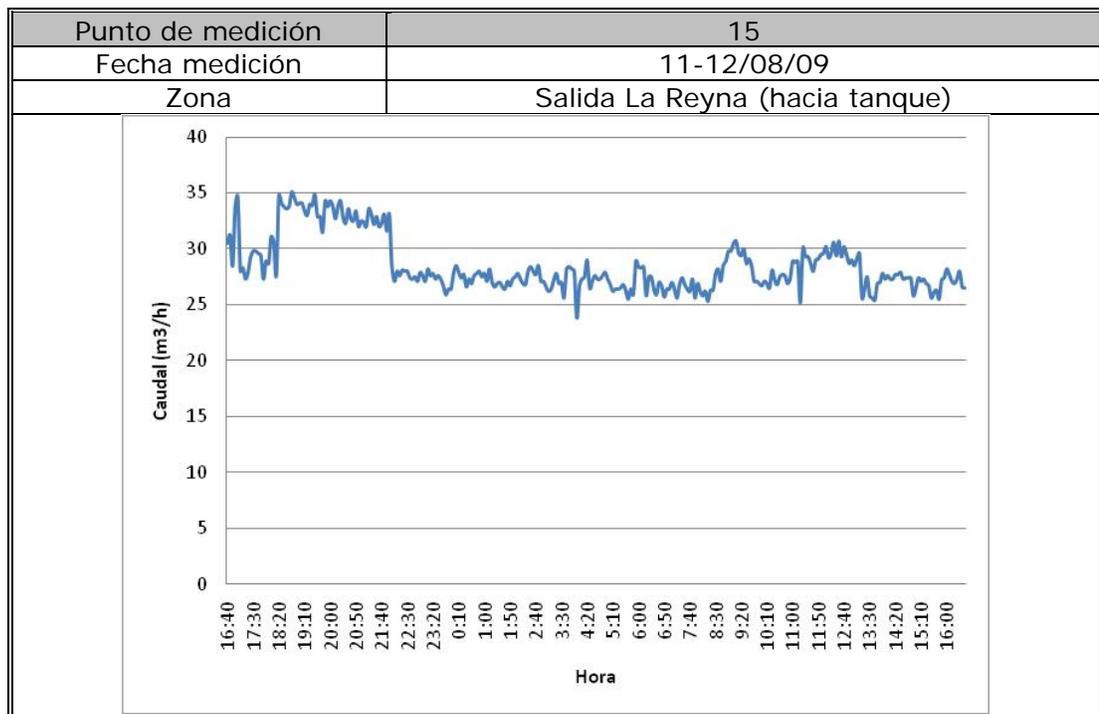
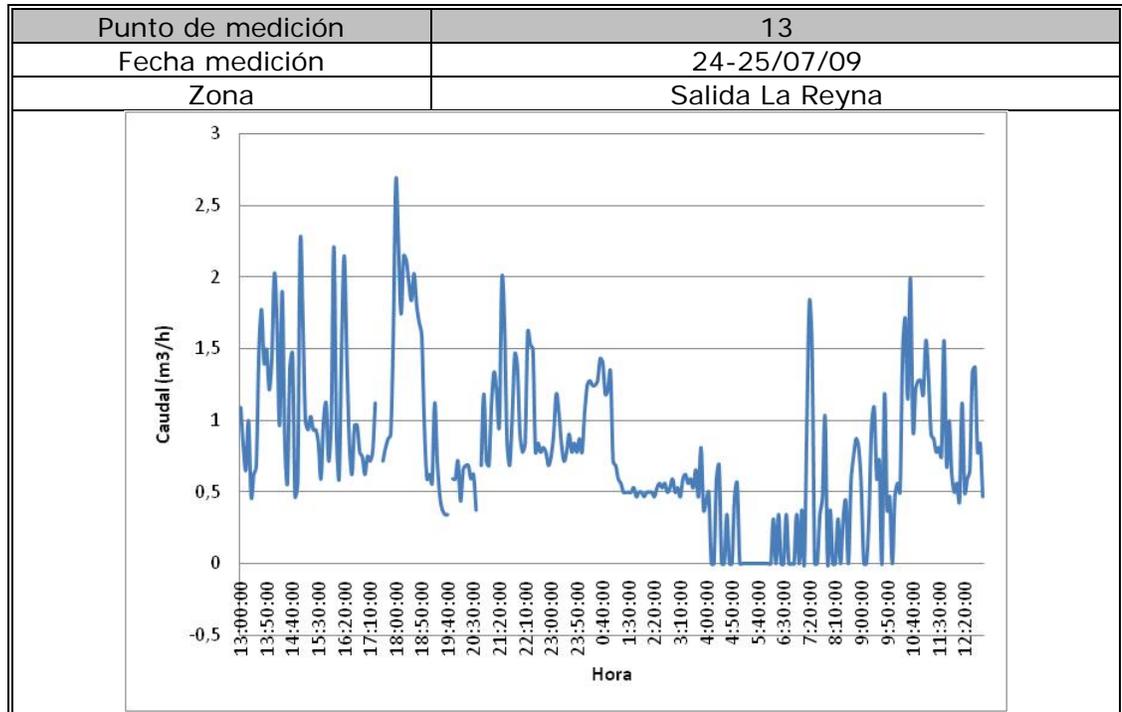
Apéndice 1

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS





ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

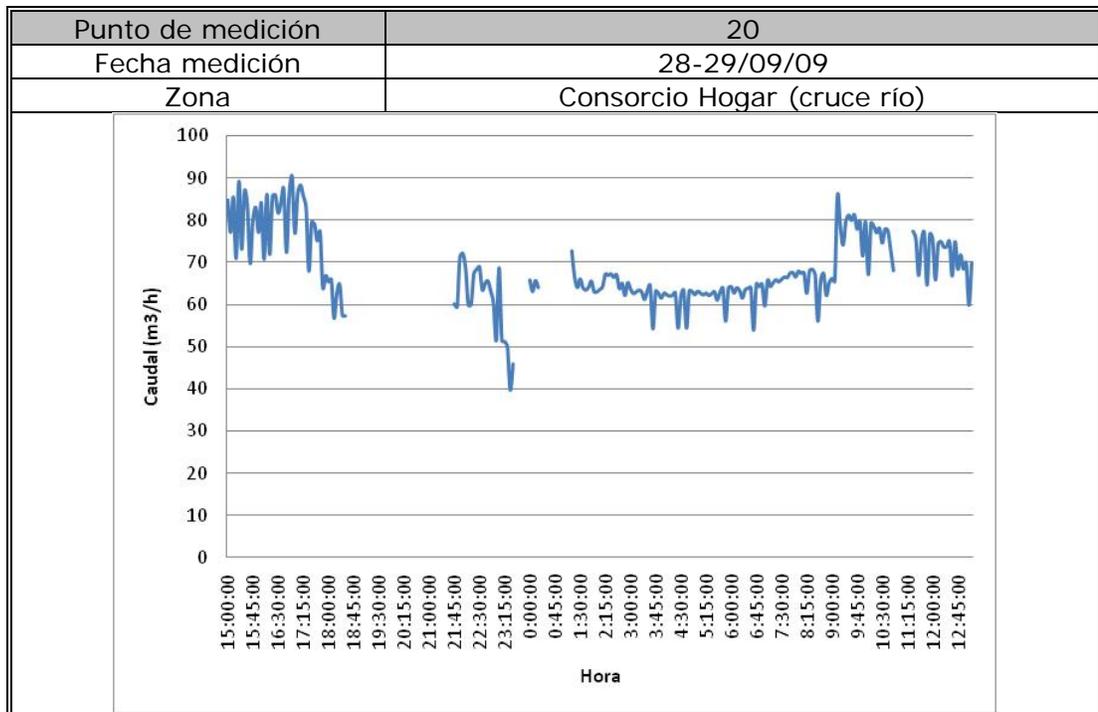
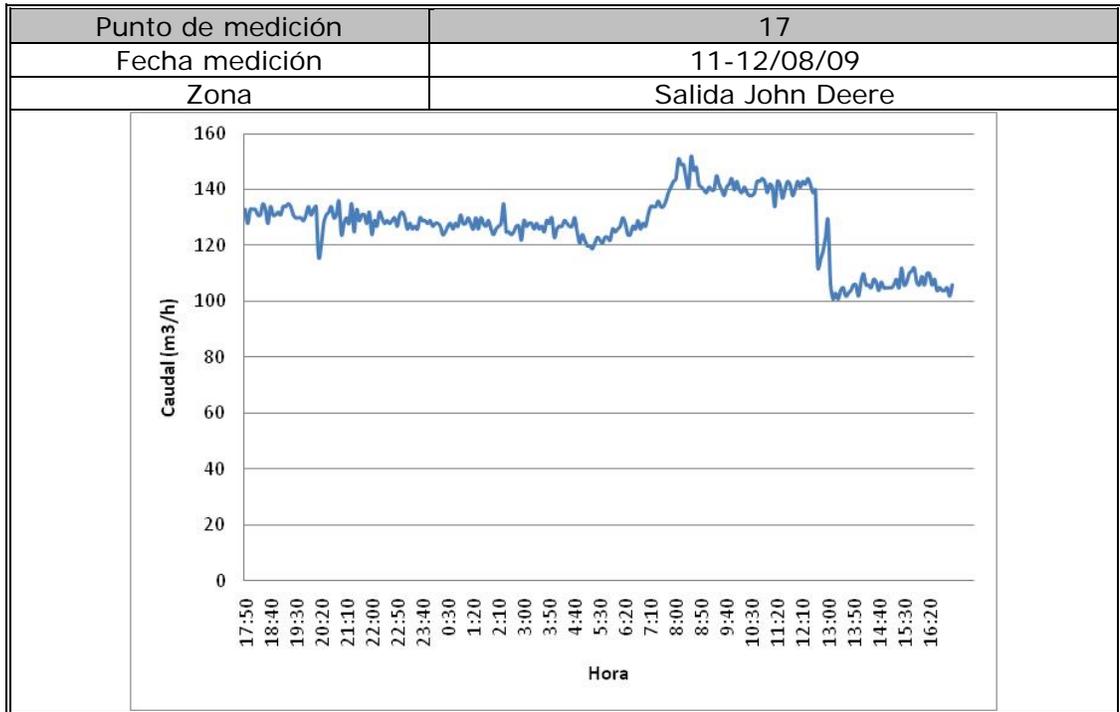




PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Apéndice 1

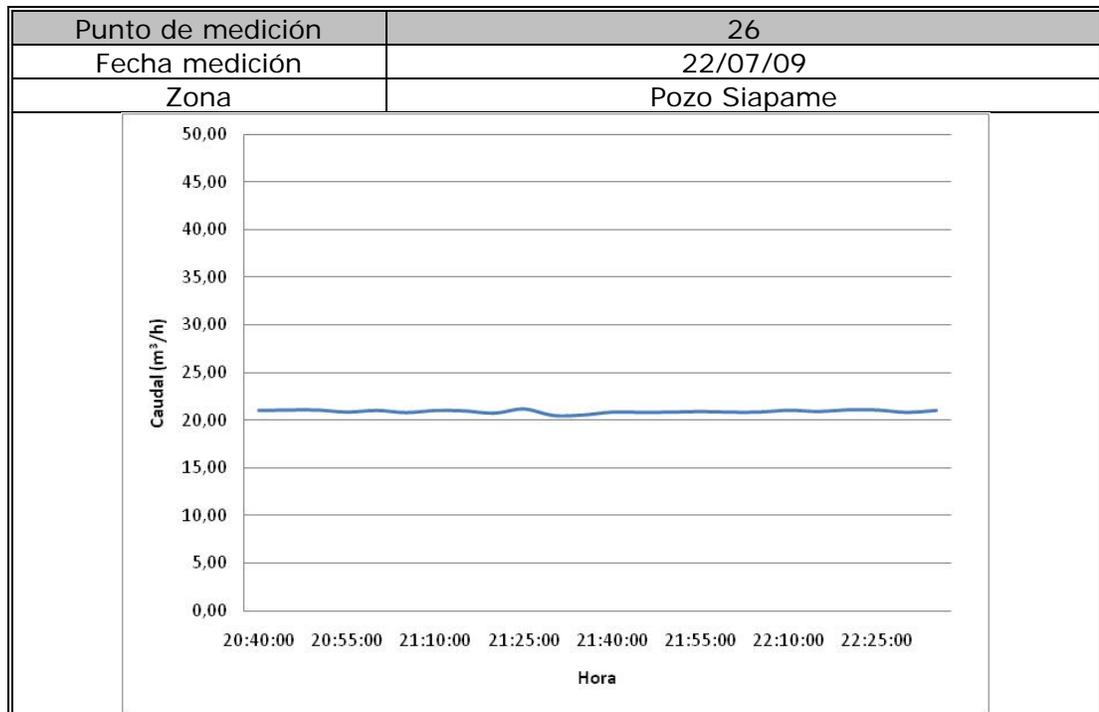
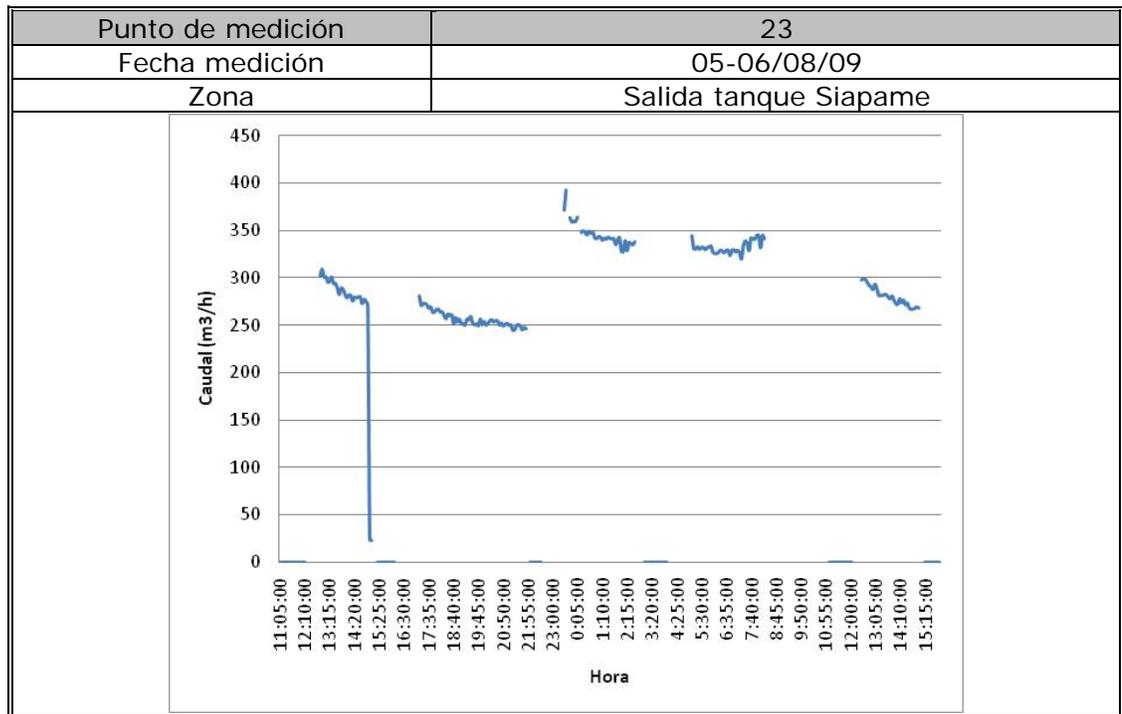




PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

Apéndice 1

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

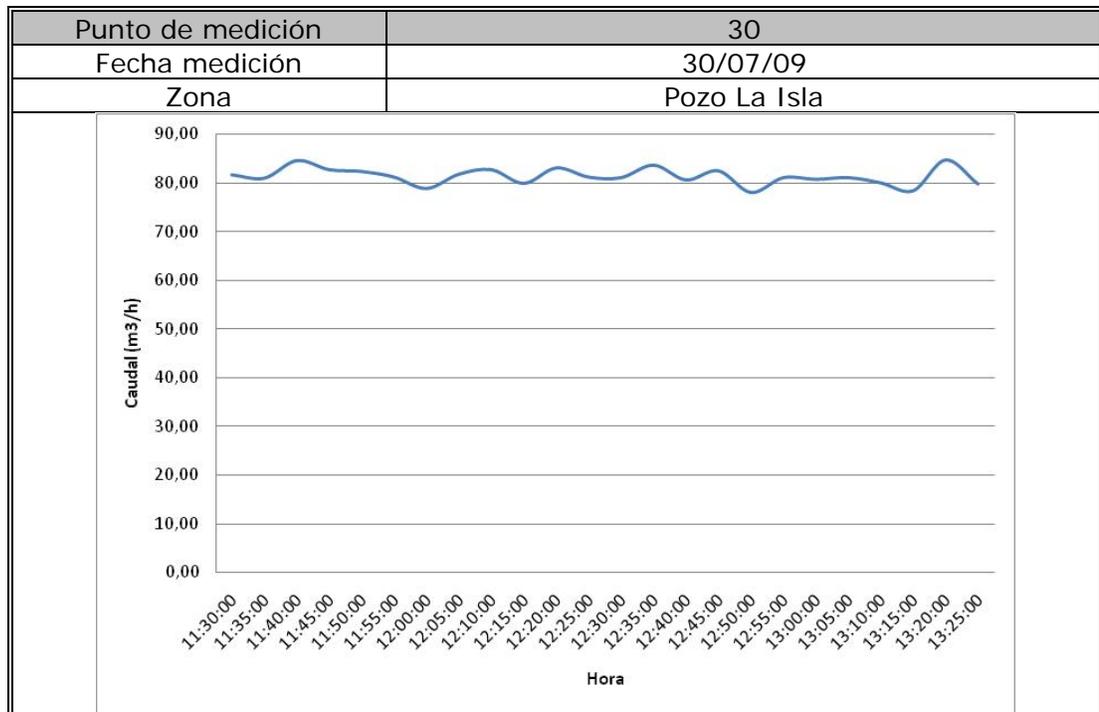
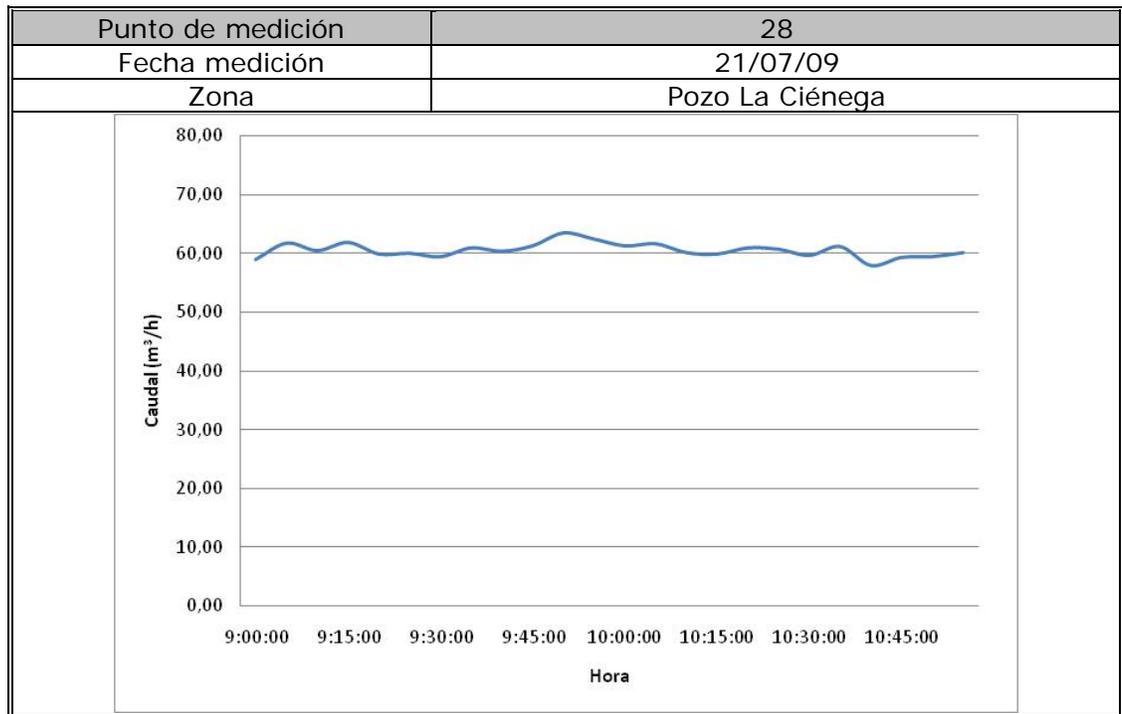




PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

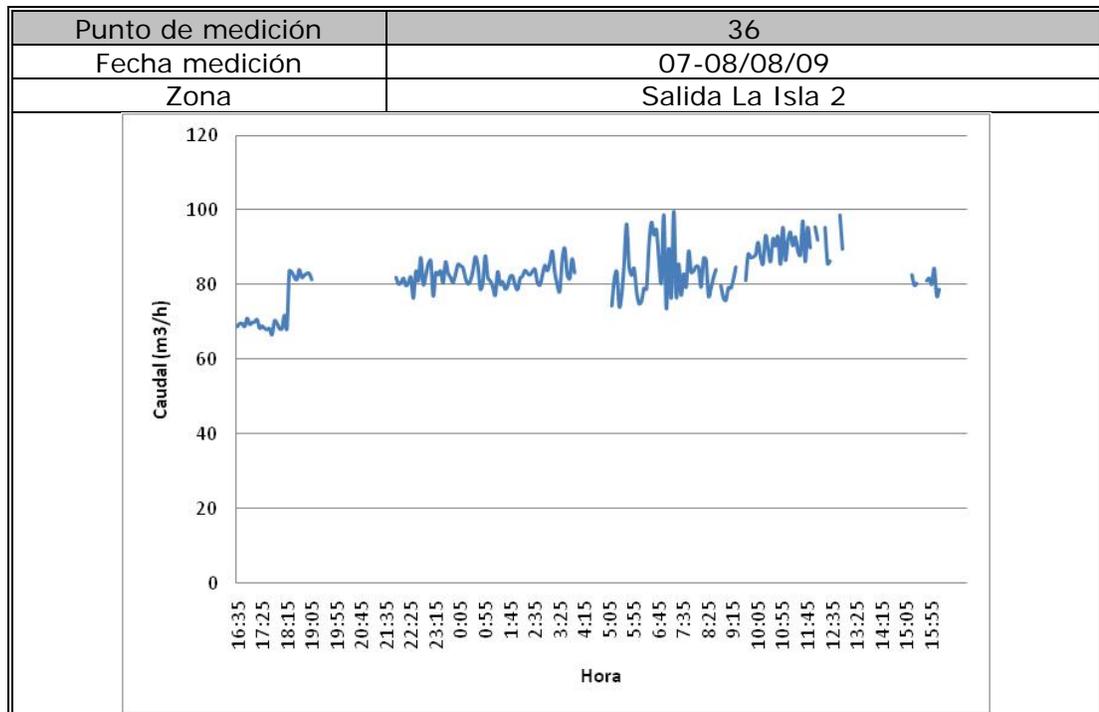
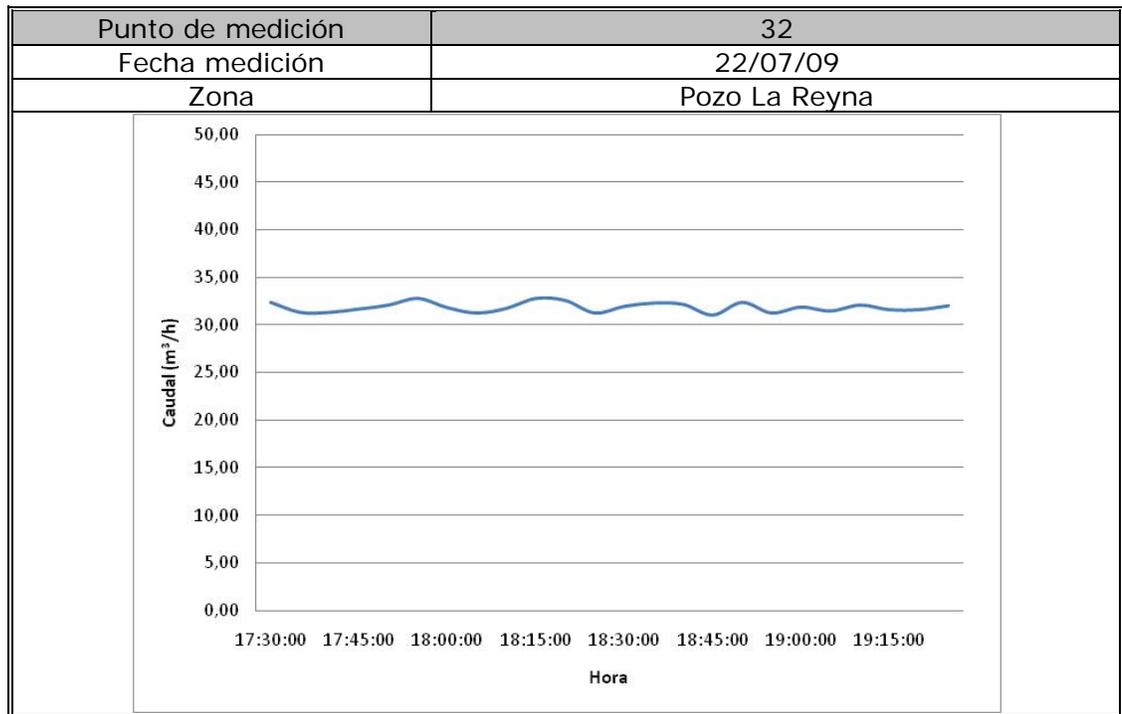
Apéndice 1

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS





ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS





PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS
HIDRÁULICOS

Apéndice 2

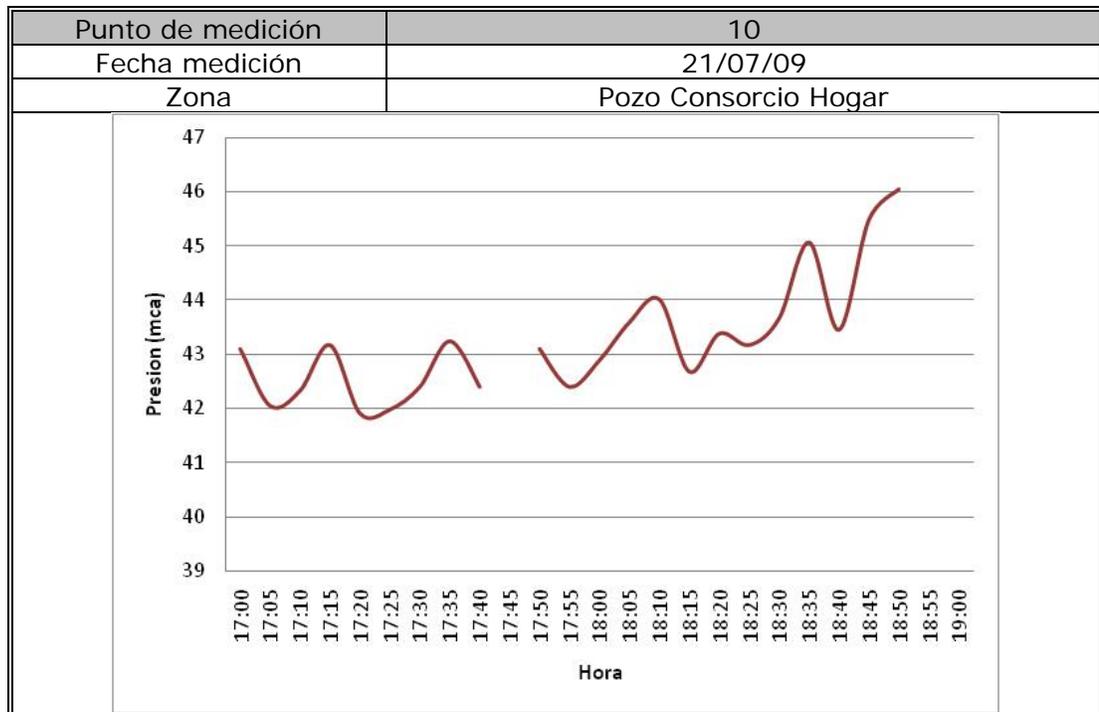
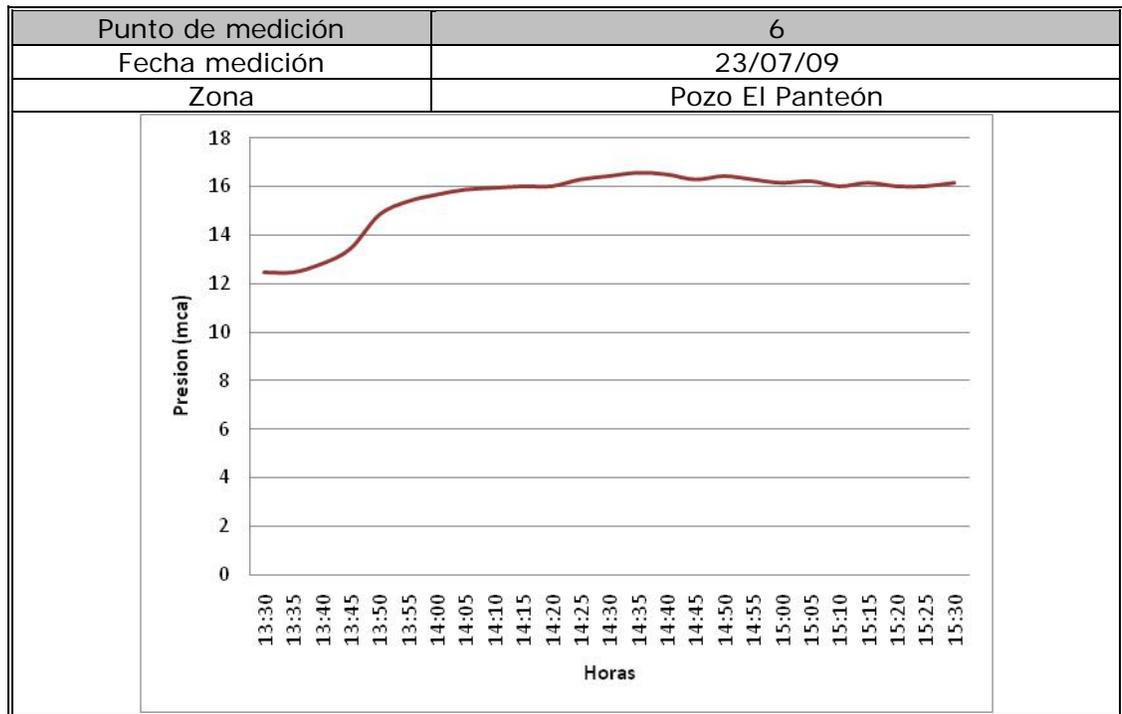
APÉNDICE N°2: FICHAS DE LAS MEDICIONES DE PRESIÓN



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

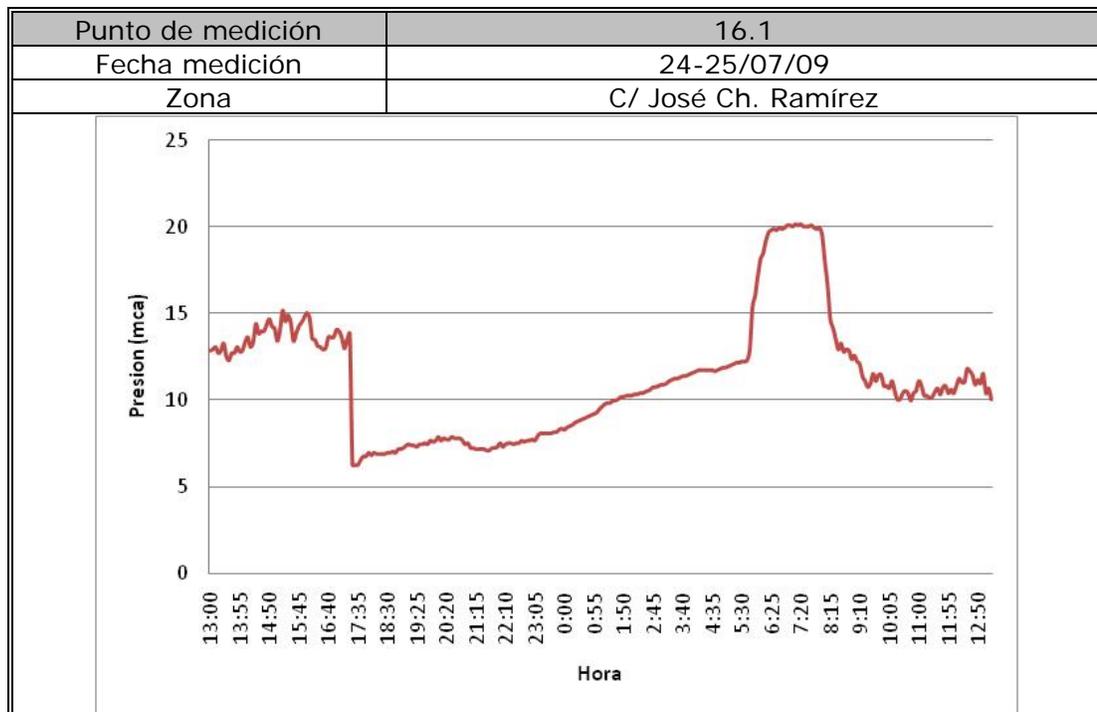
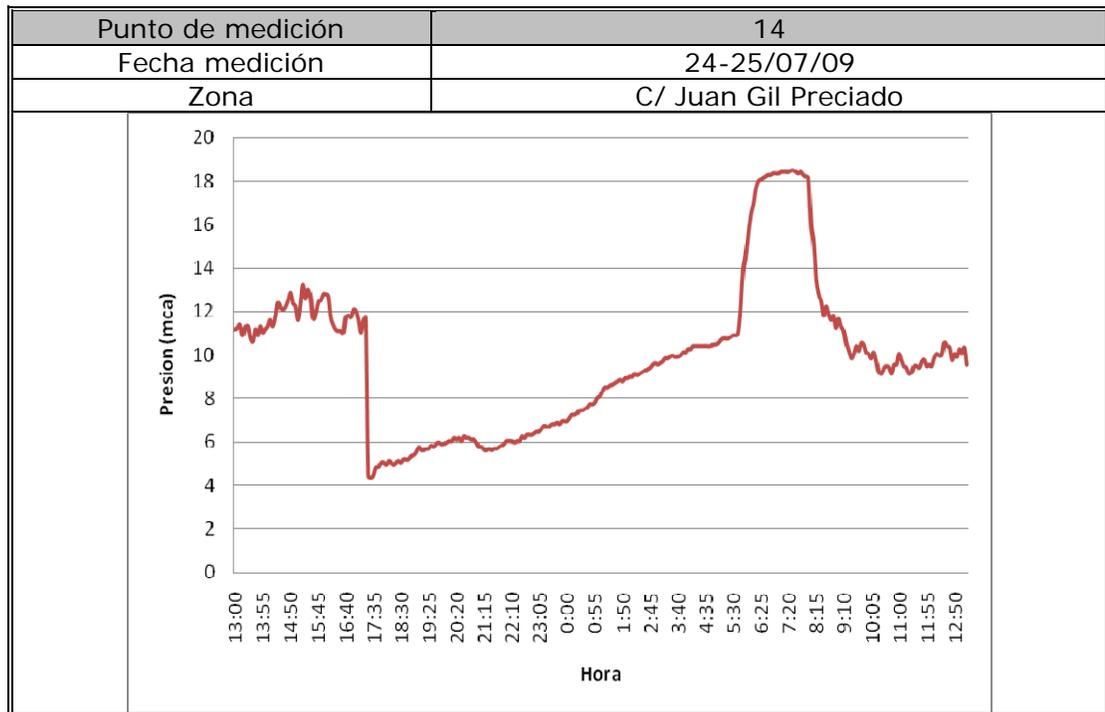
Apéndice 2

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS



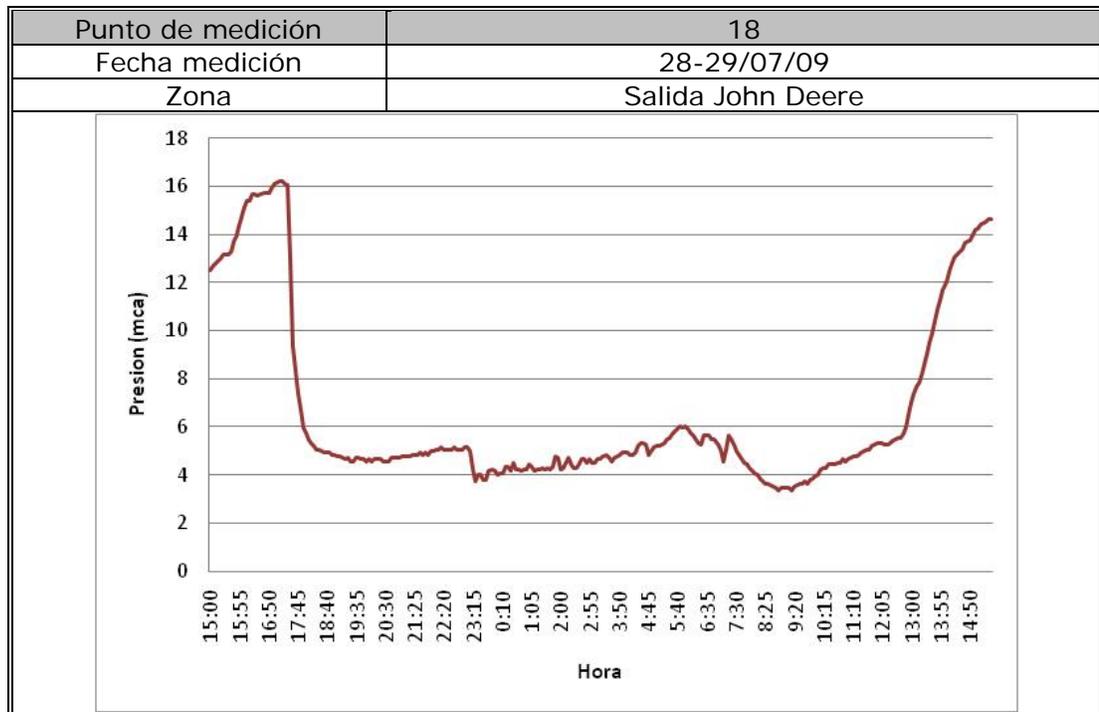
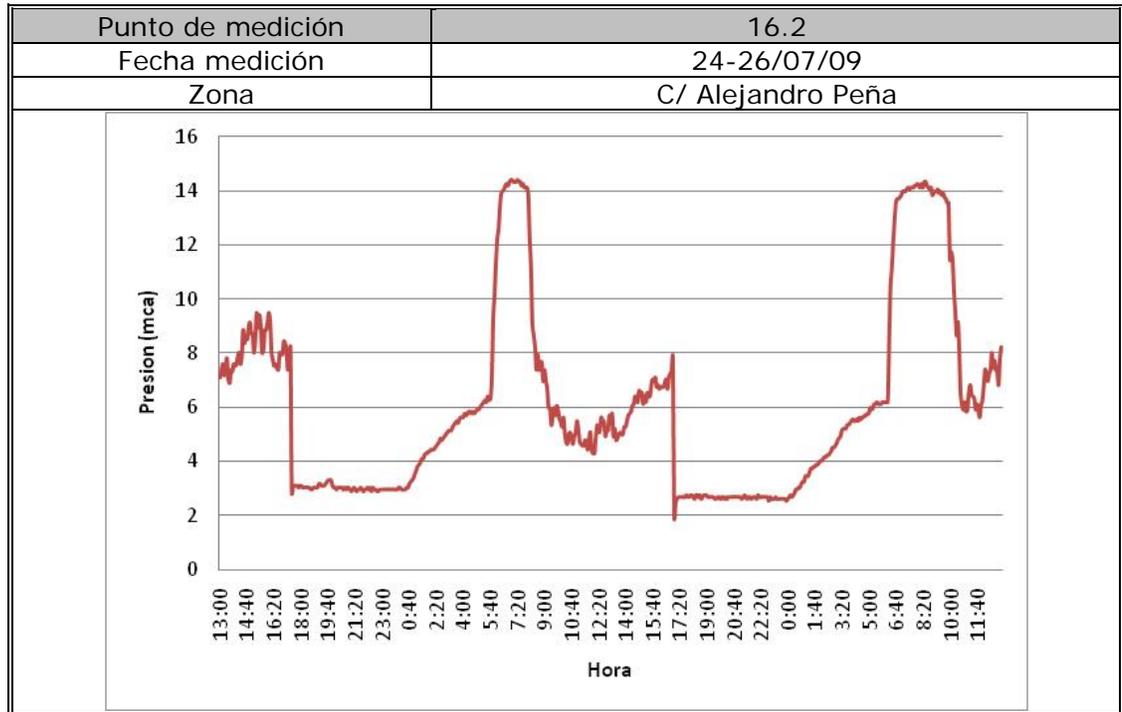


ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS



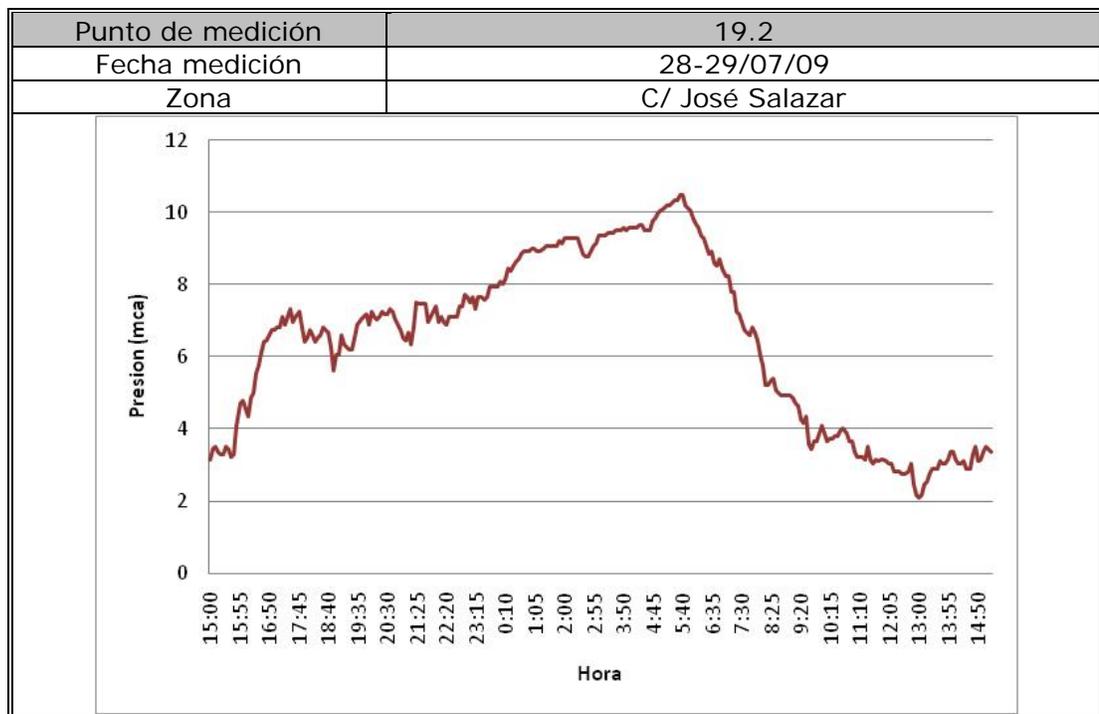
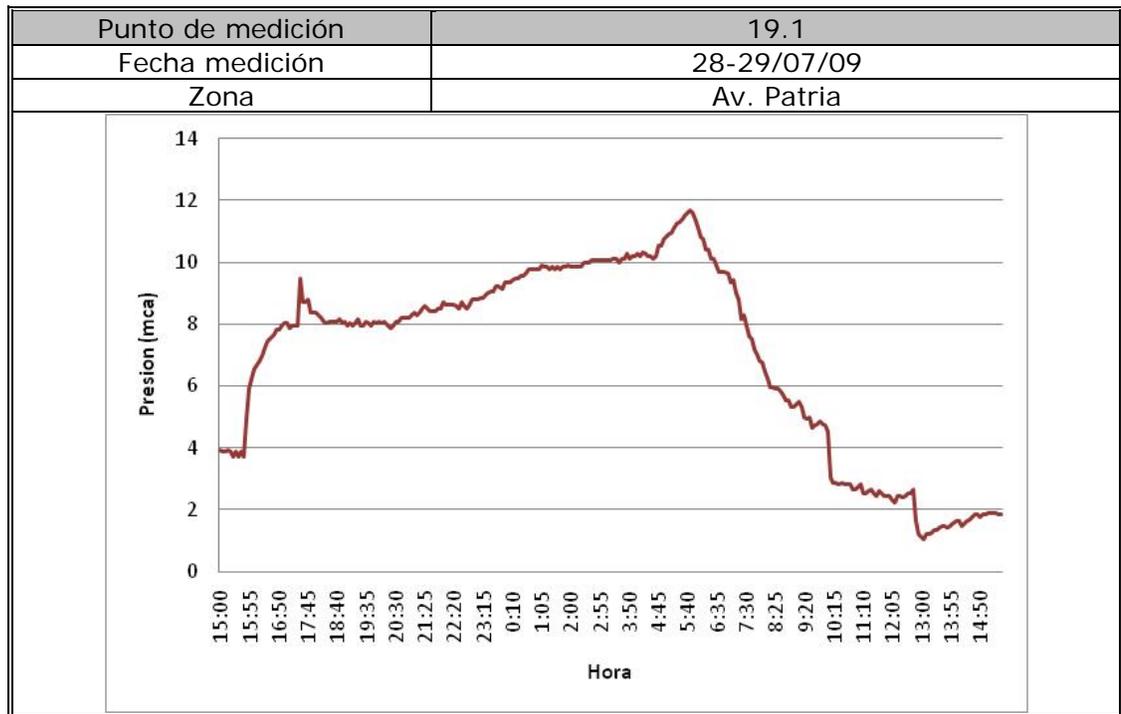


ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS



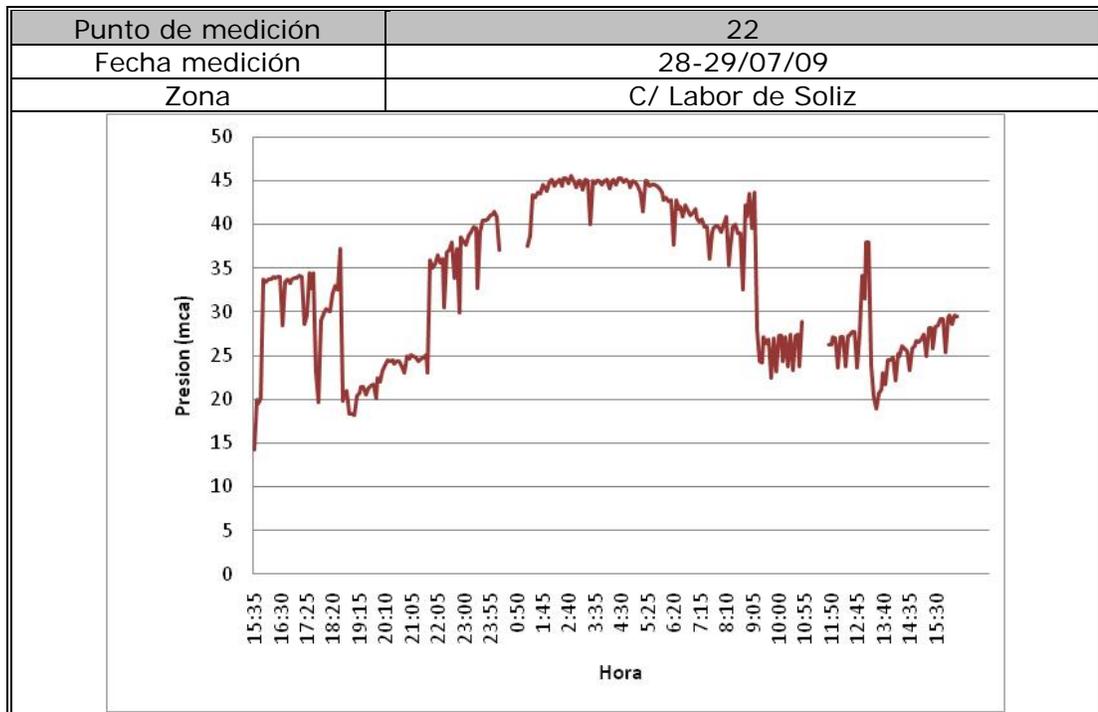
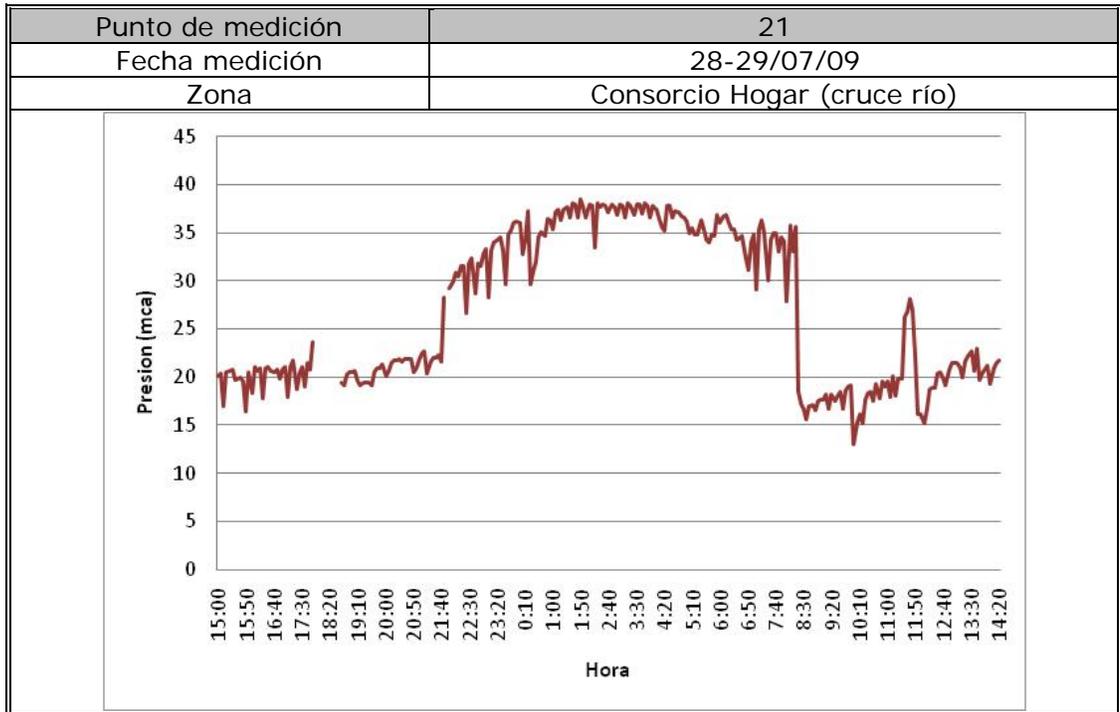


ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS





ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

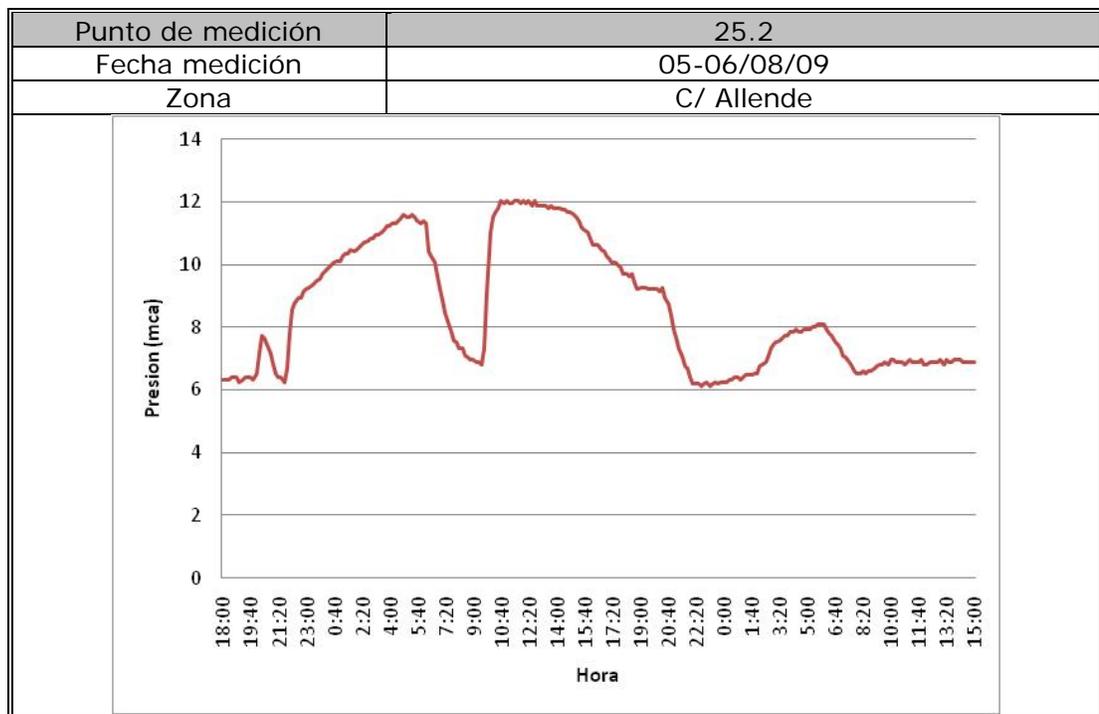
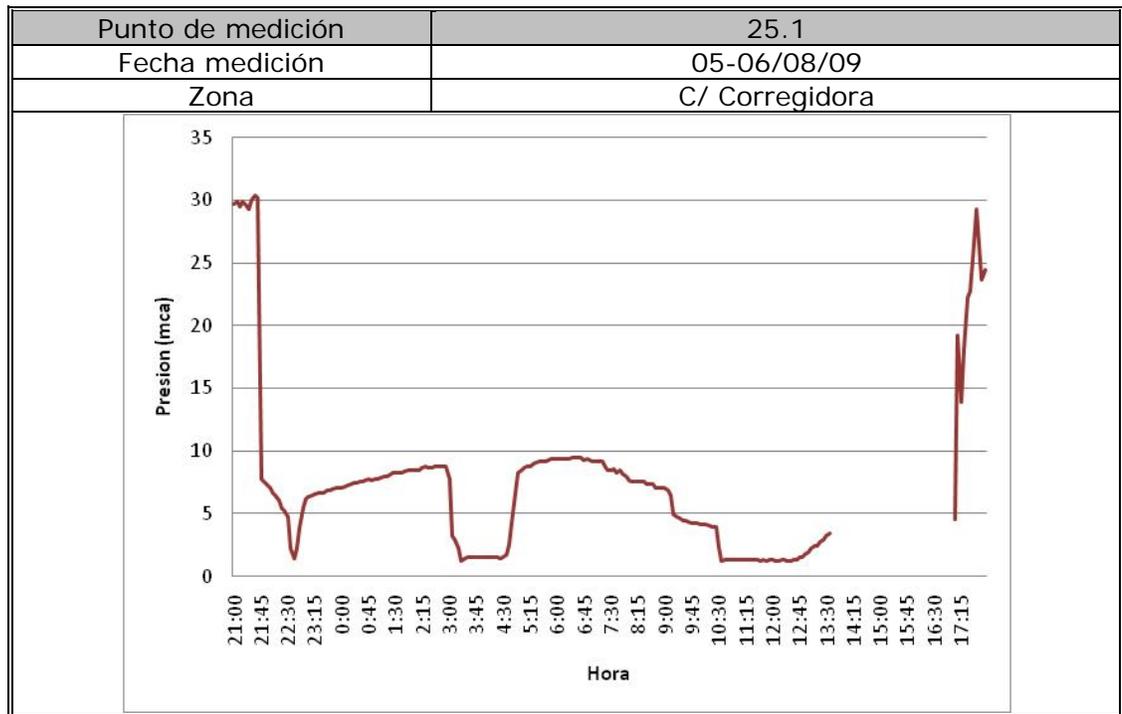




PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

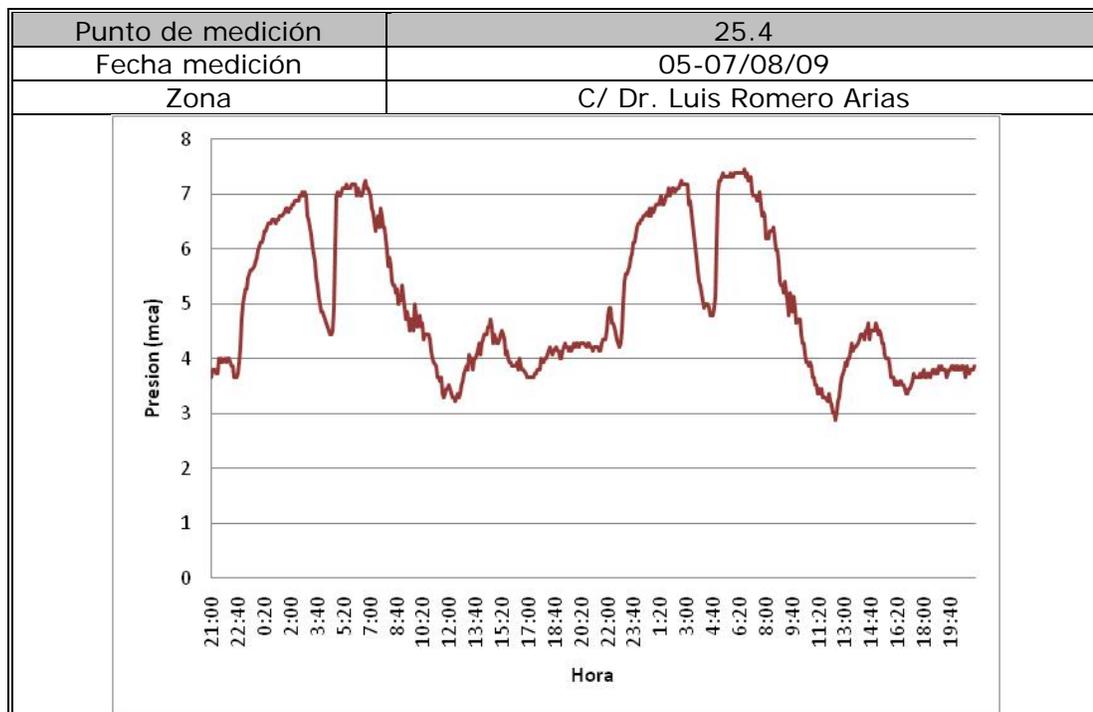
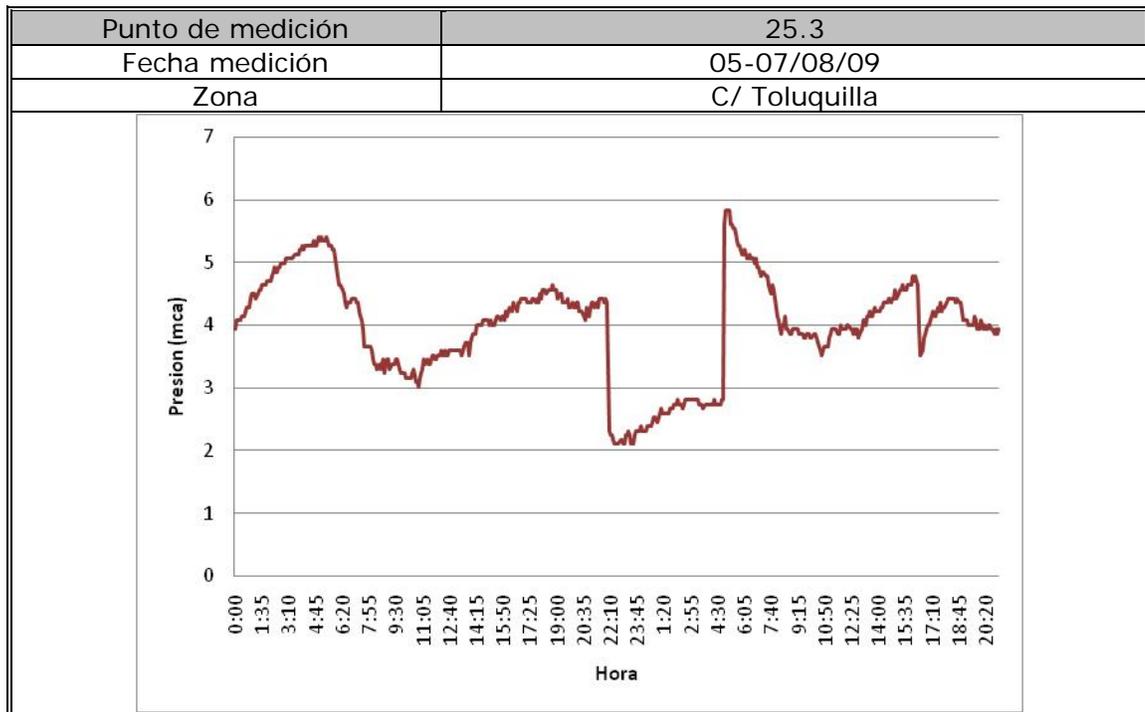
ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Apéndice 2





ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

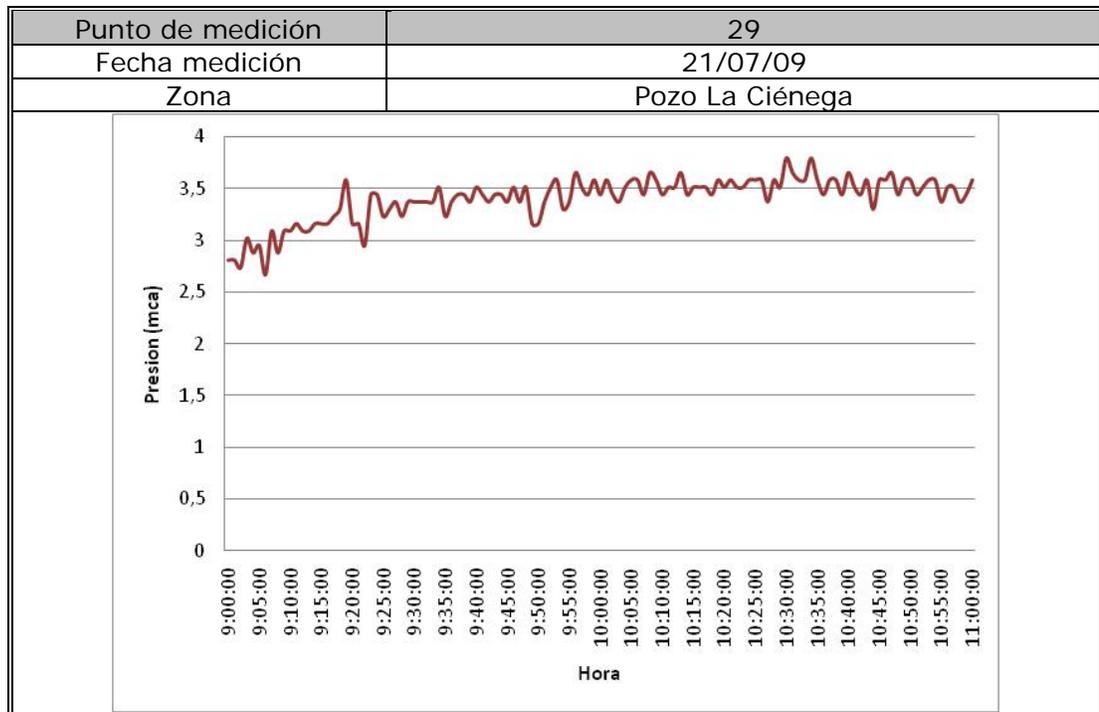
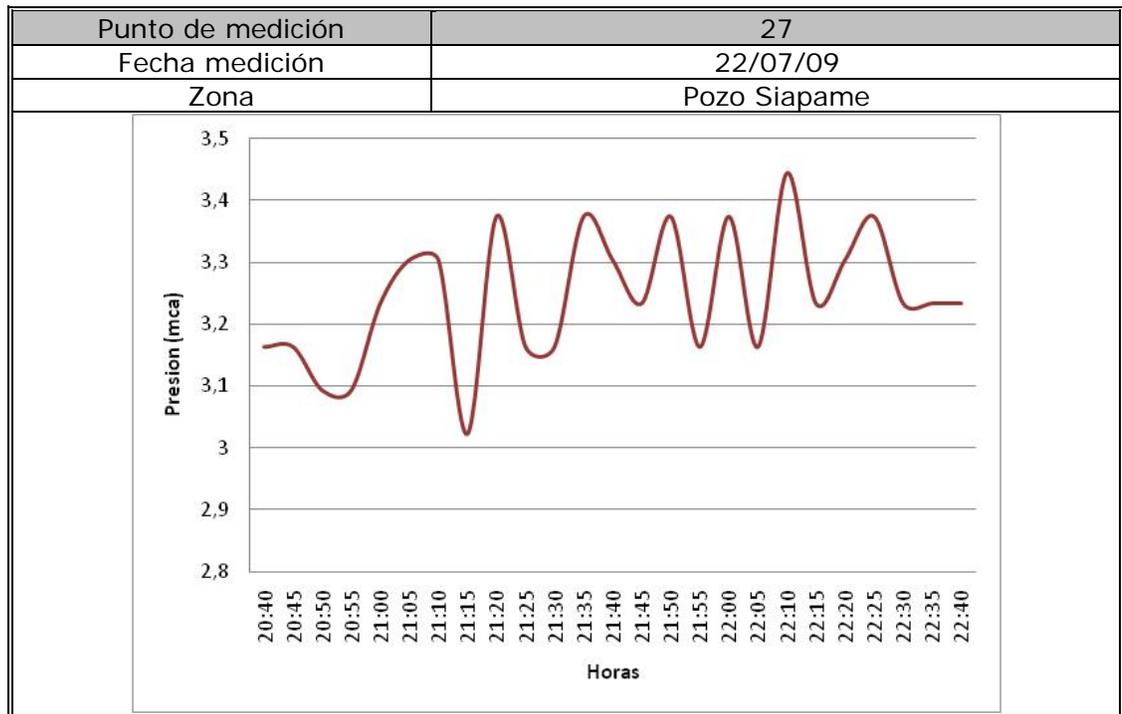




PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

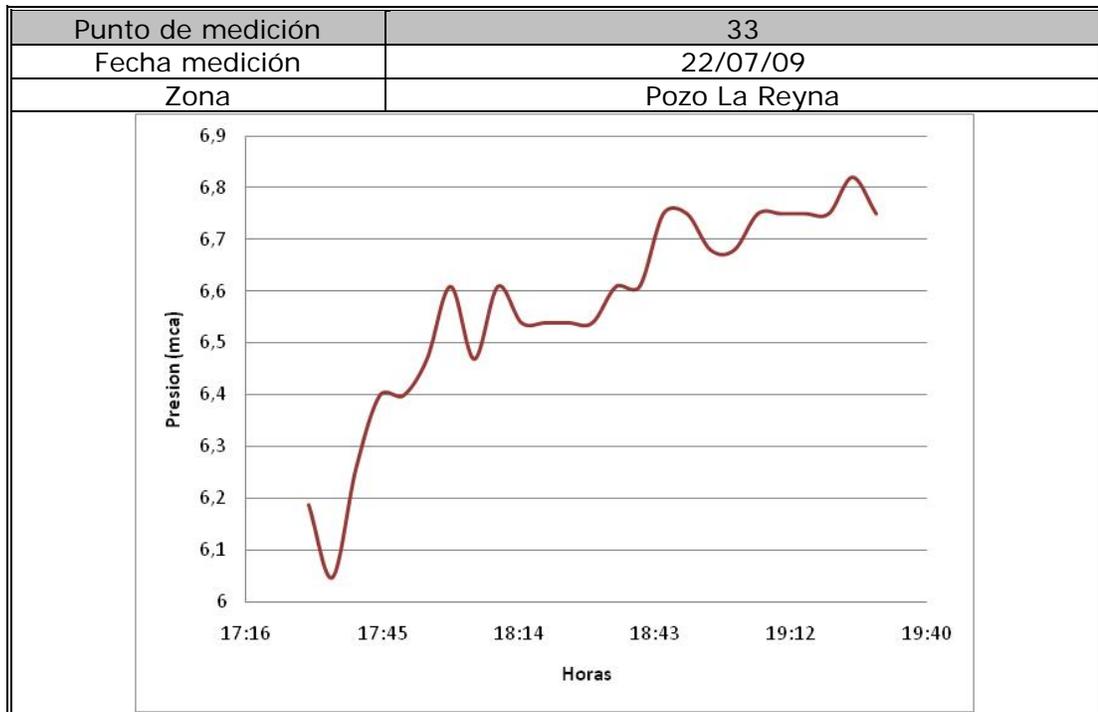
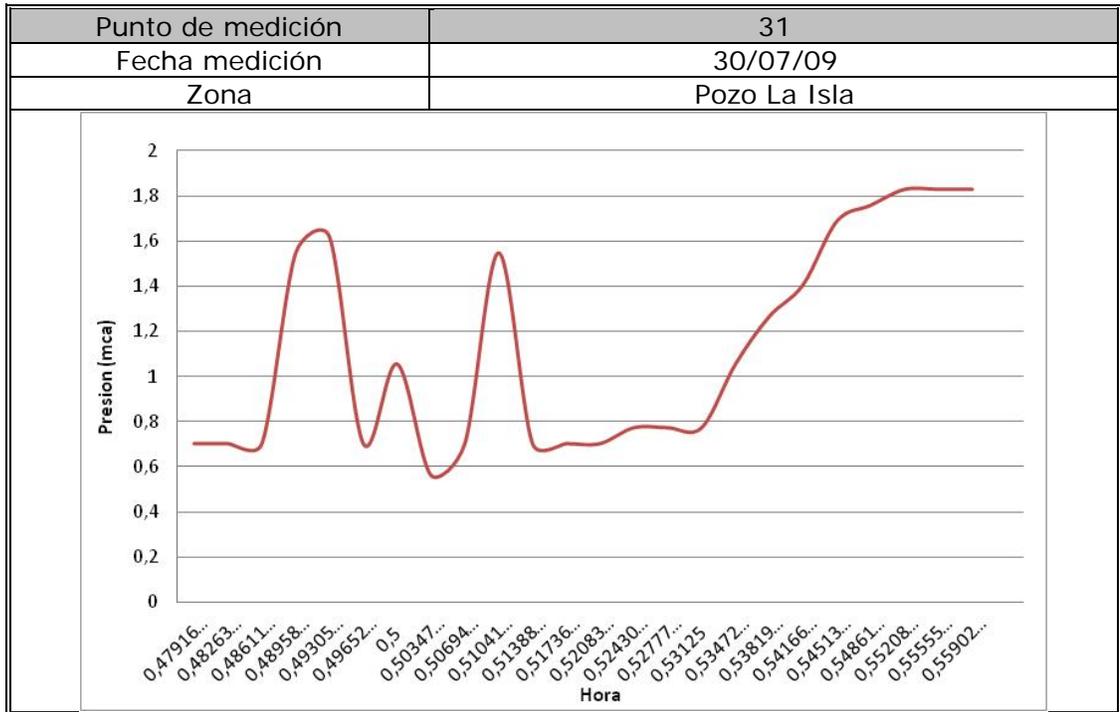
Apéndice 2

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS





ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

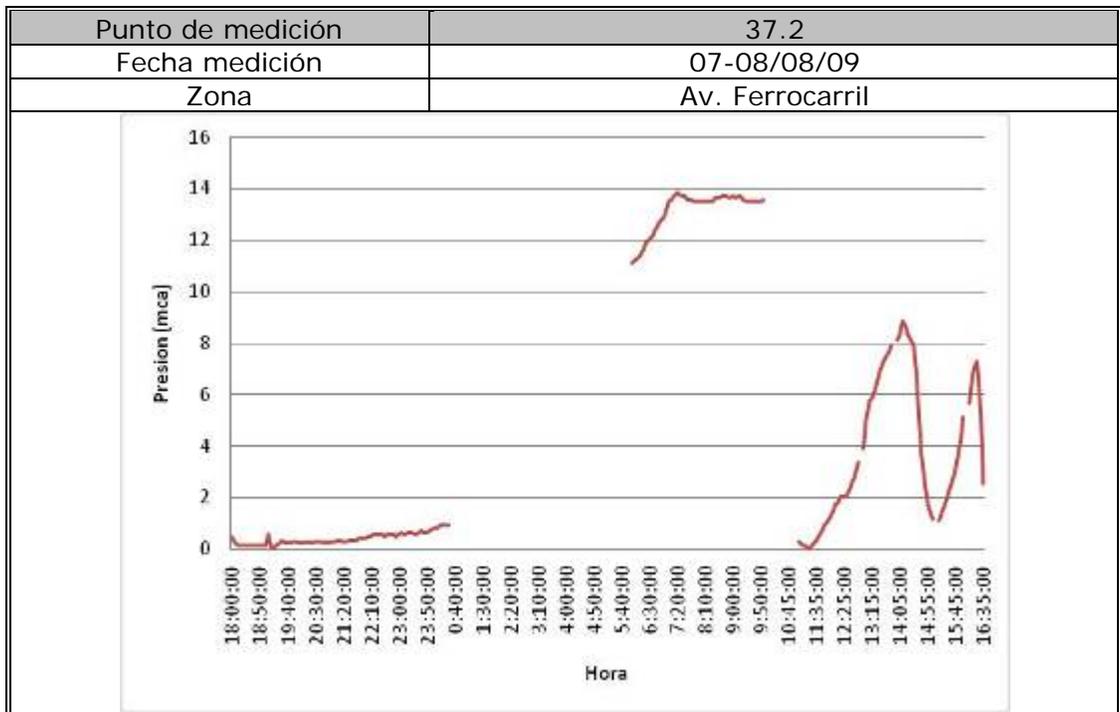
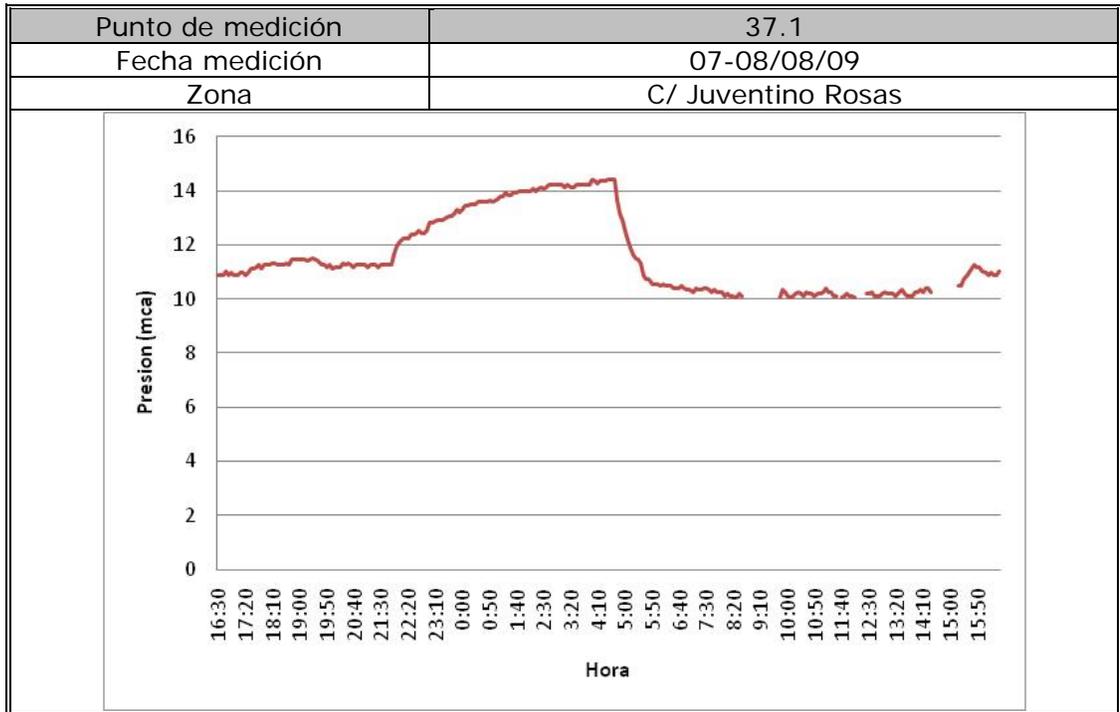




PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

ANEXO N° 5: CAMPAÑA DE MEDICIONES DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Apéndice 2



 <p>GEA JALISCO</p>	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 6: EFICIENCIA ENERGÉTICA</p>	<p>Portada</p>
--	---	----------------

ANEXO N°6: EFICIENCIA ENERGÉTICA

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 6: EFICIENCIA ENERGÉTICA</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. METODOLOGÍA	1
3. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA.....	2
4. AHORRO ENERGÉTICO. EJEMPLO	4
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	6

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 6: EFICIENCIA ENERGÉTICA</p>	<p style="text-align: center;">Índice</p>
---	---	---

Índice de tablas

Tabla n° 1. Eficiencia de los equipos actuales (Parte 1)	3
Tabla n° 2. Eficiencia de los equipos actuales (Parte 2)	4
Tabla n° 3. Equipos recomendados	6
Tabla n° 4. Cuadro comparativo de consumo de energía	7



1. OBJETO

En este anexo se realiza un estudio de la eficiencia electromecánica de los equipos de bombeo de los pozos incluidos dentro de la zona del proyecto con el objeto de observar y analizar su estado de funcionamiento, realizando una serie de recomendaciones para mejorar la operación y la eficiencia energética de las estaciones.

2. METODOLOGÍA

En la mayoría de los organismos de agua potable en la república mexicana su principal problema son los costos de operación, y es que el mayor porcentaje de estos está en el pago de la energía eléctrica que utilizan los equipos de bombeo, cabe resaltar que no toda la energía que nos cobran se convierte en trabajo útil para sacar el agua de un pozo; de manera normal e inevitable parte de esa energía eléctrica se pierde al transformarse en energía mecánica.

La cantidad de energía que sí se aprovecha, será mayor en la medida que mayor sea la eficiencia total de la combinación bomba/motor que opere en el pozo, por lo tanto la cantidad que no se aprovecha, es una pérdida que puede representar un alto porcentaje de lo que pagan los organismos encargados del agua potable si sus equipos no trabajan a la eficiencia total máxima posible.

La eficiencia total en los equipos de bombeo depende en cierta medida de la calidad de los mismos, y más específicamente de estos hayan sido bien seleccionados y estén correctamente aplicados para las exactas condiciones del pozo en cuestión.

En este anexo se hablará de los equipos electromecánicos instalados (equipos de bombeo y tableros de control) en los diferentes puntos de abastecimiento (pozos) que se encuentran en este municipio y se expondrá la importancia que tienen los mismos en cuanto a la eficiencia con que trabajan y como afecta económicamente al organismo el no contar con los equipos idóneos para el trabajo requerido.

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 6: EFICIENCIA ENERGÉTICA</p>	<p>Pág. 2</p>
---	---	---------------

3. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA

El análisis del funcionamiento de los equipos de bombeo de los pozos y el cálculo de la eficiencia (ver datos en las Tablas n° 1 y 2) se han realizado de acuerdo con la información obtenida mediante mediciones en campo y observación directa de los equipos así como información proveniente del Organismo del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del municipio de Ameca (SIAPAME).

En el **Plano n° 2: “Planta general del sistema”** se muestra la ubicación de los pozos localizados en el municipio.

Cabe señalar que de acuerdo a los resultados se observa que las condiciones de operación de los equipos es bastante baja en cuanto a su eficiencia total, por lo que se sugiere el cambio de los equipos de bombeo en la mayoría de los pozos con la finalidad de obtener mejores resultados económicos en lo relacionado al costo/beneficio.

A continuación se presenta la siguiente tabla con los resultados de las mediciones efectuadas a los pozos productores de agua existentes en el municipio, en lo que respecta a datos tales como profundidad, diámetro de columna, así como las marcas y modelos de los equipos fueron recolectados del historial de los pozos, los cuales se recomienda que en la próxima reparación de los equipos y/o mantenimiento al pozo se pueda constatar que estos datos sean fidedignos.



Tabla n° 1. Eficiencia de los equipos actuales (Parte 1)

Propiedades	Consortio	Ciénaga	Cancún	La Reyna	Siapame	Panteón
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	21.3 l.p.s.	16.8 l.p.s.	14.5 l.p.s.	7 l.p.s.	5.8 l.p.s.	20.4 l.p.s.
Nivel dinámico	64 mts.	86 mts.	50 mts	98 mts.	46 m.c.a.	86.5 m.c.a.
Presión manométrica	2.5 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	Kg./cm ²	1.0 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	1.5 Kg./cm ²
C.D.T.	89 m.c.a.	86 m.c.a.		108 m.c.a.	46 m.c.a.	101.5 m.c.a.
Potencia (1)	60 h.p.	60 h.p.	20 h.p.	25 h.p.	10 h. p.	60 h.p.
Tensión	453 volts	440 volts	440 volts	220 volts	220 volts	? volts
Corriente promedio	74 amperes	38.3 amperes	30.5 amps	73 amps	13 amps.	.....
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.
Profundidad (1)	.....	.....	245 mts.	150 mts.	.....	244.1 mts.
Diam. Ademe (1)	12"	12"	10"	10"	.....	12"
Diam. Columna (1)	6"	6"	6"	6"	.....	.....
Largo de columna (1)	75 mts.	120 mts.	65 mts.	105 mts.	75 mts.	mts.
Cable sumergible	3 x 2/0 AWG	2 -3 x 4 AWG	3 x 6 AWG	3 x 2 AWG	3 x 10 AWG	.....
Max. Corriente	amperes	160 amperes	65 amps	72 amps	20 amps.	.....
Marca de Bomba (1)	Grundfos	Altamira	S/M	Grundfos	s/m	.....
Modelo (1)	475S 600-6	KOR20R400/9	S/M	S/M	s/m	.....
Marca Motor (1)	Mercury	Mercury	S/M	Grundfos	s/m	.....
Modelo (1)	S/M	S / M	S/M	S/M	s/m	.....
Transformador	75 KVAR	75 KVAR	KVAR	45 KVAR	.....	.....
Arrancador	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	.....	Siemens
Tipo	K 981 T.R.	K 981 T.R.	K 981 T.R.	K 981 T.R.	.....
Capacidad	100 h.p.	60 h.p.	20 h.p.	25 h.p.	.....
Tipo de tarifa (1)	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Horario de trabajo (1)	hrs.	hrs.	hrs.	hrs.	Hrs.	hrs.
Eficiencia	44.9 %	63 %	48.1 %	37.8 %	34.7 %	.....

(1) Datos proporcionados por el organismo

Fuente: SIAPAME , Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Tabla n° 2. Eficiencia de los equipos actuales (Parte 2)

Propiedades	Brillante	La Isla	John Deere	Colorado	La "Y"
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	7 l.p.s.	22.3 l.p.s.	14 l.p.s.	32.3 l.p.s.	5.5 l.p.s.
Nivel dinámico	73 mts.	155 mts.	80 mts.	110 mts.	29 mts.
Presión manométrica	2.0 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	1.0 Kg./cm ²	0.0 Kg./cm ²	0 Kg./cm ²
C.D.T.	93 m.c.a.	155 m.c.a.	90 m.c.a.	110 m.c.a.	29 m.c.a.
Potencia (1)	25 h.p.	60 h.p.	40 h.p.	50 h.p.	20 h.p.
Tensión	220 volts	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts
Corriente promedio	56.5 amps.	80.5 amperes	53 amperes	49.4 amps	15 amps
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.
Profundidad (1)	150 mts.	260 mts.	250 mts.	279 mts.	.....
Diam. Ademe (1)	10"	10"	12"	12"	8"
Diam. Columna (1)	6"	6"	6"	8"	4"
Largo de columna (1)	110 mts.	105 mts.	150 mts.	120 mts.	100 mts.
Cable sumergible	3 x 2 AWG	3 x 2 AWG	3 x 2 AWG	3 x 2/0 AWG	3 x 2 AWG
Max. Corriente	70 amps.	115 amperes	115 amperes	186 amps	186 amps
Marca de Bomba (1)	Grundfos	Grundfos	Medina	Grundfos	Altamira
Modelo (1)	S/M	475S 6500/7	P 82	S/M	KOR10R200/10
Marca Motor (1)	Franklin	Mercury	Medina	Franklin	Mercury
Modelo (1)	S/M	S / M	S / M	S/M	S/M
Transformador	75 KVAR	150 KVAR	75 KVAR	112.5 KVAR	30 KVAR
Arrancador	Siemens	Siemens	Siemens	Telemecanique	Siemens
Tipo	K981 T.R.	K 981 T.R.	K 981 T.R.	T.R.	Vel. Variable
Capacidad	60 h.p.	150 h.p.	100 h.p.	50 h.p.	20 h.p.
Tipo de tarifa (1)	.....	.....	.....	.....	.....
Horario de trabajo (1)	Hrs.	hrs.	hrs.	hrs.	hrs.
Eficiencia	33.2 %	74.4 %	42.1 %	56.2%	18.4 %

(1) Datos proporcionados por el organismo

Fuente: SIAPAME , Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

4. AHORRO ENERGÉTICO. EJEMPLO

Como se puede observar en las tablas anteriores, uno de los problemas más críticos en cuanto a eficiencia total se refiere, se encuentra en el caso del pozo La Y ya que tiene una eficiencia muy por debajo de la recomendado en la norma oficial mexicana NOM 010-ENER-1996 que es del 65%. Este equipo de acuerdo a las mediciones efectuadas determinamos que trabaja a una eficiencia del 18.4%.



A continuación y sin profundizar más en el detalle técnico le ofreceremos un ejemplo real de este pozo, La "Y" que es el pozo que trabaja con menor eficiencia, y para esto nos valdremos de la siguiente fórmula:

$$KWh = \frac{Q \times ht \times 0.746 \times t \text{ (hrs)}}{75 \times efc}$$

1°.- En este caso si el pozo proporciona un gasto de 5.5 litros por segundo y vence una carga dinámica total de 29 m.c.a. y trabaja 24 horas promedio al día por 28 días al mes deberíamos de pagar con un equipo de bombeo bien seleccionado que trabaje a una eficiencia de 75%, en el recibo de CFE nos van a cobrar:

$$Kwh = \frac{5.5 \times 29 \times 0.746 \times 24 \times 28}{75 \times 0.75}$$

$$Kwh = \frac{79,959.25}{56.25}$$

$$Kwh = 1,421.50 \times 0.95 \text{ Kwh} = \$ 1,350.41$$

2°.- Si los mismos 5.5 litros por segundo y la carga de 29 metros columna de agua los sustituimos en la formula anterior y con la eficiencia en la que está trabajando el equipo obtendríamos lo siguiente:

$$Kwh = \frac{5.5 \times 29 \times 0.746 \times 24 \times 28}{75 \times 0.184}$$

$$Kwh = \frac{79,959.25}{13.80}$$

$$Kwh = 5,794.14 \times 0.95 \text{ Kwh} = \$ 5,504.43$$

Si hasta un 76 % más de consumo y de gasto de energía por hacer el mismo trabajo, lo cual equivaldría a un ahorro aproximado de \$ 63,731.00 en un lapso de un año.



Como se aprecia en este ejemplo del pozo La "Y" será necesario verificar los equipos y hacer una correcta selección y aplicación de un nuevo equipo que en pocos meses absorbería el costo del mismo.

En cuanto a los demás pozos también son susceptibles de mejorar la eficiencia total de trabajo pero es indiscutible que su mayor problema se encuentra en el pozo La "Y".

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se muestra una relación de equipos de bombeo para los pozos referidos en los que se podrá observar que operan con una eficiencia mayor a la de los equipos actualmente instalados y a las recomendadas en la norma oficial.

Tabla n° 3. Equipos recomendados

Propiedades	Consortio	Ciénaga	Cancun	La Reyna	Siapame	Panteón
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	22 l.p.s.	17 l.p.s.	13 l.p.s.	10 l.p.s.	6.5 L.P.S.	19 l.p.s.
C.D.T	90 mts.	86 mts.	98 mts	110 mts.	60 m.c.a.	81 mts.
Eficiencia	70 %	75 %	75 %	74 %	75 %	76 %
BHP punto operación	37.7 h.p.	25.9 h.p.	22.6 H.P.	19.4 h.p.	6.93 h.p.	27 h.p.
Potencia	40 h.p.	30 h.p.	25 h.p.	20 h.p.	10 h.p.	30 h.p.
Diámetro descarga	4"	4"	4"	3"	3"	3"
Tensión	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts	220 volts	440 volts
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.

Propiedades	Brillante	La Isla	John Deere	Colorado	La Y
Bomba	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible	Sumergible
Gasto	7 l.p.s.	24 l.p.s.	14 l.p.s.	32 l.p.s.	6.5 l.p.s.
C.D.T	100 mts.	110 mts.	90 mts	110 mts.	29 mts.
Eficiencia	71 %	74 %	71 %	73 %	75 %
BHP punto operación	13.1 h.p.	47.5 h.p.	23.6 H.P.	64.2 h.p.	3.35 h.p.
Potencia	15 h.p.	60 h.p.	25 h.p.	75 h.p.	5 h.p.
Diámetro descarga	3"	4"	3"	3"	3"
Tensión	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts	440 volts
Velocidad	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.	3500 r.p.m.

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

En el caso del equipo de bombeo se ha tenido en cuenta la propuesta realizada de poner en funcionamiento el tanque elevado de La Reyna, por lo que se recomienda una bomba que dé la altura necesaria para abastecerlo dicho tanque.

Como se podrá ver en todos los casos estos equipos de bombeo trabajan con una eficiencia mayor a la requerida en la norma oficial, por lo tanto podremos esperar un consumo menor de energía eléctrica que se verá reflejado en el recibo de cobro mensual y por lo tanto en sus finanzas.

A continuación se presenta un cuadro comparativo del consumo aproximado de energía de los pozos y el ahorro aproximado anualizado, esto es solo de la energía consumida sin otro tipo de cobro adicional como multas, bonificaciones etc..

Tabla n° 4. Cuadro comparativo de consumo de energía

	Consortio	Ciénaga	Cancun	La Reyna	Siapame	Panteón
Consumo mensual aproximado con el equipo actual	\$ 26,809.00	\$ 14,562.55	\$ 18,729.25	\$ 12,699.60	\$ 4,882.00	\$ 13,960.25
Consumo mensual aproximado con el equipo propuesto	\$ 17,195.95	\$ 12,232.20	\$ 13,302.85	\$ 6,667.10	\$ 2,532.00	\$ 12,858.25
Ahorro aproximado anualizado	\$ 115,356.60	\$ 29,447.40	\$ 68,555.40	\$ 76,211.40	\$ 30,348.00	\$ 13,991.40

	Brillante	La Isla	John Deere	Colorado	La "Y"
Consumo mensual aproximado con el equipo actual	\$ 12,450.00	\$ 29,500.35	\$ 16,932.80	\$ 40,200.20	\$ 6,450.00
Consumo mensual aproximado con el equipo propuesto	\$ 5,740.85	\$ 21,938.35	\$ 9,877.15	\$ 31,707.20	\$ 1,406.00
Ahorro aproximado anualizado	\$ 84,767.40	\$ 95,531.40	\$ 89,135.40	\$ 107,291.40	\$ 63,731.40

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 6: EFICIENCIA ENERGÉTICA</p>	<p>Pág. 8</p>
---	---	---------------

Además, se realizan las siguientes **recomendaciones adicionales**:

1°.- En todos los casos se observó que los tableros de control (arrancadores) no tienen ningún tipo de mantenimiento lo cual es muy necesario, recordemos que el enemigo número uno de los equipos de control en general es el polvo, por lo tanto se recomienda efectuar cada mes una limpieza y cerciorarse de que todas las terminales estén bien apretadas

2°.- Poner especial cuidado en la selección del cable sumergible que se instalen en los pozos, ya que en todos los casos los equipos de bombeo están instalados a profundidades donde debemos tomar en cuenta la caída de tensión la cual no debe ser mayor a un 3%, recordemos que en un cable mal calculado y que presente temperatura es sinónimo de que consume mayor amperaje y como consecuencia esto se verá reflejado en el recibo de cobro mensual.

3°.-Se recomienda instalar un detector de falla de fase y desbalanceo de tensión para protección del motor sumergible y además para automatizar el arranque del equipo cuando haya falla de energía eléctrica, ya que sus pozos quedan a una distancia considerable para el poner nuevamente en operación en caso de falla eléctrica.

4°.- Ninguno de los tableros de control cuenta con una tierra física ni neutro en su acometida, lo cual es necesario, como será también de suma importancia colocar una tierra a través de un conductor desnudo calibre 4 AWG como mínimo desde el gabinete del arrancador, hasta el ademe del pozo, esto es importante tanto para el equipo así como para el personal relacionado con la operación.

5°.- Se recomienda que se tenga los elementos necesarios de medición (multímetro) para poder comprobar continuamente los valores de corriente y tensión en los tableros de control, ya que esta es la forma más común de indicarnos como se encuentra el equipo de bombeo, y recordar que el balanceo entre fases tanto de corriente y tensión no deberá de exceder de un 3% y un 5% respectivamente.



6°.- Es de suma importancia que en cada pozo se tenga una bitácora en la cual se pueda registrar todas las inspecciones, reparaciones, cambios o modificaciones que se realicen a los equipos tanto de control como de bombeo.

7°.- Será de mucho provecho si en todos los pozos se colocan sondas neumáticas para poder medir los niveles del pozo durante todo el año sin correr el riesgo de que una sonda eléctrica se atore la cual se perdería y peor aún se vaya al fondo pudiendo provocar un daño al equipo de bombeo.

8°.- Por último se recomienda que los tableros de control (arrancadores) sean de la capacidad del motor que vayan a operar y sobre todo que los elementos de protección (bimetálicos) estén calibrados de 3 a 5 amperes de más máximo de acuerdo a la corriente máxima de placa que indique el fabricante del motor.

 <p>GEA JALISCO</p>	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p>Portada</p>
--	---	----------------

ANEXO N°7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

ÍNDICE

1. OBJETO.....	1
2. METODOLOGÍA	1
2.1. Fases en la elaboración del modelo	3
2.2. Recopilación y análisis de la información.....	5
2.3. Montaje del modelo matemático teórico	8
2.4. Calibración del modelo matemático	8
3. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA DE LA RED.....	9
3.1. Verificación de la coherencia hidráulica de la red	9
3.2. Asignación de cotas	10
3.3. Asignación de rugosidades para el cálculo de la pérdida de carga	12
3.4. Asignación de fugas en la red	13
3.5. Asignación de demandas y consumos	15
3.6. Procedimiento operativo de la red	17
3.7. Campaña de mediciones	17
3.8. Detalles de modelización	17
3.8.1. Curvas de bombeo.....	17
3.8.2. Válvulas de llenado de tanques	18
3.8.3. Válvulas reguladas	19
3.9. Calibración del modelo.....	20
3.10. Resultados de la calibración	22
4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	23
4.1. Criterios de diagnóstico	24

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	Índice
---	---	--------

4.2. Comportamiento de las presiones del sistema	25
4.2.1. Hora 00:00 – 02:00	25
4.2.2. Hora 03:00 – 04:00	26
4.2.3. Hora 05:00	26
4.2.4. Hora 06:00 – 09:00	27
4.2.5. Hora 10:00	28
4.2.6. Hora 11:00 – 12:00	29
4.2.7. Hora 13:00 – 14:00	30
4.2.8. Hora 15:00 – 16:00	31
4.2.9. Hora 17:00 – 21:00	32
4.2.10. Hora 22:00	33
4.2.11. Hora 23:00 – 26:00	34
4.2.12. Hora 27:00 – 28:00	35
4.2.13. Hora 29:00	36
4.2.14. Hora 30:00 – 34:00	37
4.2.15. Hora 35:00 – 36:00	38
4.2.16. Hora 37:00 – 38:00	39
4.2.17. Hora 39:00 – 40:00	40
4.2.18. Hora 41:00 – 44:00	41
4.2.19. Hora 45:00	42
4.2.20. Hora 46:00	43
4.2.21. Hora 47:00	44
4.2.22. Hora 48:00	45
4.3. Conclusiones.....	46

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

5. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN FUTURA..... 47

5.1. Cálculo de la demanda futura 48

5.2. Comportamiento del sistema 49

5.2.1. Hipótesis de caudal mínimo..... 49

5.2.2. Hipótesis de caudal medio..... 50

5.2.3. Hipótesis de caudal punta 51

5.3. Conclusiones..... 52

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

Índice de tablas

Tabla n° 1. Datos de topología de la red de abastecimiento necesarios para el modelo matemático	6
Tabla n° 2. Coeficientes de rugosidad.....	12
Tabla n° 3. Consumos medios por sector	49

Índice de figuras

Figura n° 1. Interface de GGS-modelo matemático.....	2
Figura n° 2. Flujograma en la modelización matemática de una red de abastecimiento	4
Figura n° 3. Curvas de nivel y red en Ameca.....	11
Figura n° 4. Cotas en los nudos del modelo de Ameca	11
Figura n° 5. Curva de modulación (Consortio Hogar)	16
Figura n° 6. Curva de modulación.....	16
Figura n° 7. Curva característica experimental de bombeo.....	18
Figura n° 8. Curva de pérdidas de una válvula de llenado.....	19
Figura n° 9. Curva de pérdidas de una válvula regulada	20
Figura n° 10. Resultados de la calibración del modelo. Valores de presión.....	22
Figura n° 11. Resultados de la calibración del modelo. Valores de caudal	23
Figura n° 12. Isométrica de presiones. Hora 00:00 – 02:00	25
Figura n° 13. Isométrica de presiones. Hora 03:00 – 04:00	26
Figura n° 14. Isométrica de presiones. Hora 05:00	27
Figura n° 15. Isométrica de presiones. Hora 06:00 – 09:00	28
Figura n° 16. Isométrica de presiones. Hora 10:00	29
Figura n° 17. Isométrica de presiones. Hora 11:00 – 12:00	30
Figura n° 18. Isométrica de presiones. Hora 13:00 – 14:00	31
Figura n° 19. Isométrica de presiones. Hora 15:00 – 16:00	32
Figura n° 20. Isométrica de presiones. Hora 17:00 – 21:00	33
Figura n° 21. Isométrica de presiones. Hora 22:00	34
Figura n° 22. Isométrica de presiones. Hora 23:00 – 26:00	35

	<p>PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p>ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p>Índice</p>
---	---	---------------

Figura n° 23. Isométrica de presiones. Hora 27:00 – 28:0036

Figura n° 24. Isométrica de presiones. Hora 29:0037

Figura n° 25. Isométrica de presiones. Hora 30:00 – 34:0038

Figura n° 26. Isométrica de presiones. Hora 35:00 – 36:0039

Figura n° 27. Isométrica de presiones. Hora 37:00 – 38:0040

Figura n° 28. Isométrica de presiones. Hora 39:00 – 40:0041

Figura n° 29. Isométrica de presiones. Hora 41:00 – 44:0042

Figura n° 30. Isométrica de presiones. Hora 45:0043

Figura n° 31. Isométrica de presiones. Hora 46:0044

Figura n° 32. Isométrica de presiones. Hora 47:0045

Figura n° 33. Isométrica de presiones. Hora 48:0046

Figura n° 34. Presiones en la red - Hipótesis de caudal mínimo50

Figura n° 35. Presiones en la red - Hipótesis de caudal medio51

Figura n° 36. Presiones en la red - Hipótesis de caudal punta52

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 1</p>
---	---	--

1. OBJETO

El objeto de este informe es realizar un diagnóstico de la situación actual del sistema de agua potable del municipio de Ameca dentro del ámbito del *“Proyecto de catastro de redes, localización de fugas, modelamiento hidráulico, SIG y proyecto de sectorización en las cabeceras municipales de Ameca, Talpa de Allende y Tapalpa, Jalisco”*. Este análisis se llevará a cabo mediante el montaje de un modelo matemático de simulación hidráulica del sistema de distribución de agua potable de la cabecera municipal. La creación de este modelo permitirá estudiar el comportamiento y la respuesta de la red y sus parámetros hidráulicos bajo cualquier supuesto, además de realizar una propuesta de sectorización de la red para mejorar su funcionamiento. Asimismo, se analizará la situación del sistema una vez que se hayan implementado las mejoras propuestas, realizando un diagnóstico de la situación futura.

2. METODOLOGÍA

El modelo matemático es una herramienta que permite simular el funcionamiento del sistema, estableciendo diferentes hipótesis de funcionamiento. Los resultados obtenidos con las diferentes simulaciones permiten sacar conclusiones en cuanto a la respuesta de la red y sus parámetros hidráulicos de acuerdo a los diferentes supuestos establecidos.

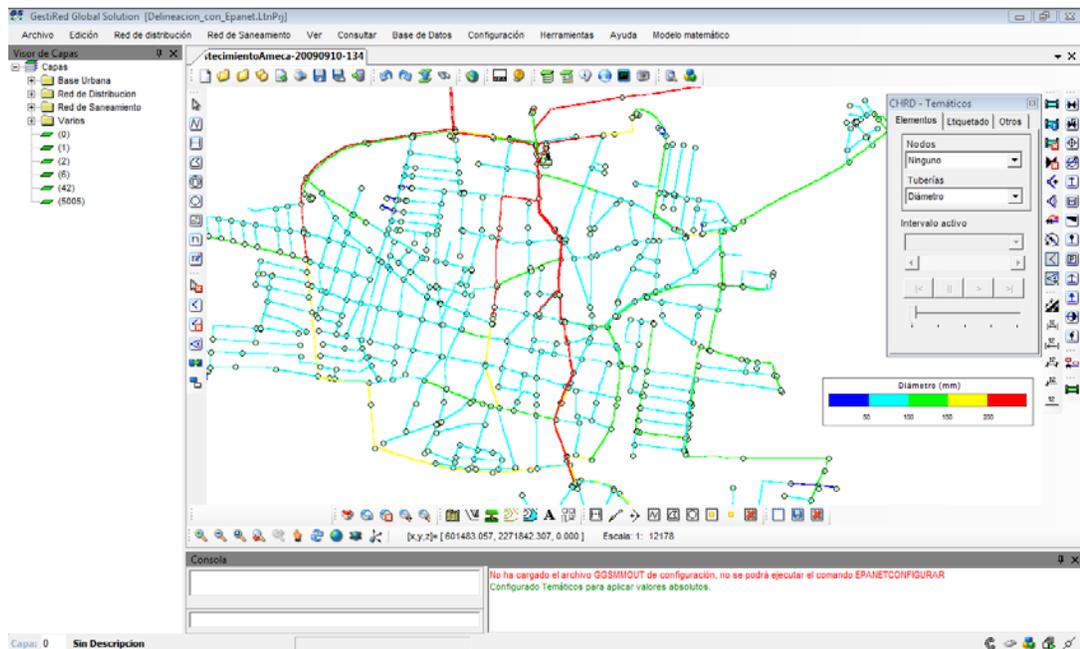
El software de modelización empleado para realizar este trabajo es la herramienta de modelización matemática de redes de abastecimiento que se encuentra integrada en el Gestired Global Solution©, y que utiliza el algoritmo de cálculo del programa EPANET, desarrollado por la agencia estadounidense Environment Protection Agency (EPA). Se trata de una herramienta orientada al análisis del comportamiento hidráulico de las redes de distribución de agua y el seguimiento de la calidad de las mismas, permitiendo realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días).

El modelo matemático de la red de distribución consiste en un conjunto de líneas y nudos que representan las tuberías, estaciones de bombeo, válvulas reguladoras y automáticas, depósitos y puntos de consumo o inyección que forman la red.

La herramienta de simulación hidráulica de Gestired Global Solution© calcula las alturas piezométricas en los nudos y los caudales en las líneas, dados los niveles iniciales en los embalses y depósitos, y la sucesión en el tiempo de las demandas aplicadas en los nudos. De un instante al siguiente se actualizan los niveles en los depósitos conforme a los caudales calculados que entran o salen de los mismos, y las demandas en los nudos y niveles en los embalses conforme a sus curvas de modulación. Para obtener las alturas y caudales en un determinado instante se resuelven simultáneamente las ecuaciones de conservación del caudal en los nudos y las ecuaciones de pérdidas en todos los tramos de la red. Este proceso, conocido como "equilibrado hidráulico", requiere el uso de métodos iterativos para resolver las ecuaciones de tipo no lineal involucradas. Gestired Global Solution© emplea a tal fin el Algoritmo del Gradiente.

El entorno integrado en Gestired Global Solution© permite además visualizar los resultados con una amplia variedad de formatos compatibles entre sí.

Figura n° 1. Interface de GGS-modelo matemático



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 3</p>
---	---	--

El propósito de un modelo es analizar una red que no puede ser estudiada experimentalmente, con lo que hay que emplear herramientas que nos permitan manejar el sistema fácilmente pero con la precisión y exactitud adecuada. El estudio que se hace de la red haciendo uso del modelo matemático permite obtener una serie de ventajas como:

- Poder evaluar un sistema de gabinete antes de ser construido, su funcionamiento global y el de cada uno de sus componentes.
- Predecir la respuesta del sistema ante un amplio rango de condiciones sin tener que intervenir en la red actual.
- Permitir la toma de decisiones bien asentadas y asegurando sus consecuencias.

Este programa de modelización resulta de especial utilidad para elaborar estrategias de gestión dirigidas a mejorar el funcionamiento y la calidad del sistema, mediante acciones como la modificación de los volúmenes de agua tomados desde cada punto en caso de redes con varias fuentes de suministros, del régimen de llenado o vaciado de depósitos o de la optimización de los regímenes de bombeo.

El modelo matemático de una red se puede utilizar como herramienta útil en gran variedad de aplicaciones prácticas, como:

- Planes Maestros a largo plazo, nuevos desarrollos urbanísticos y rehabilitaciones.
- Estudios de calidad de aguas.
- Gestión energética de redes.
- Diseño de sistemas.
- Planificación de maniobras diarias de red.

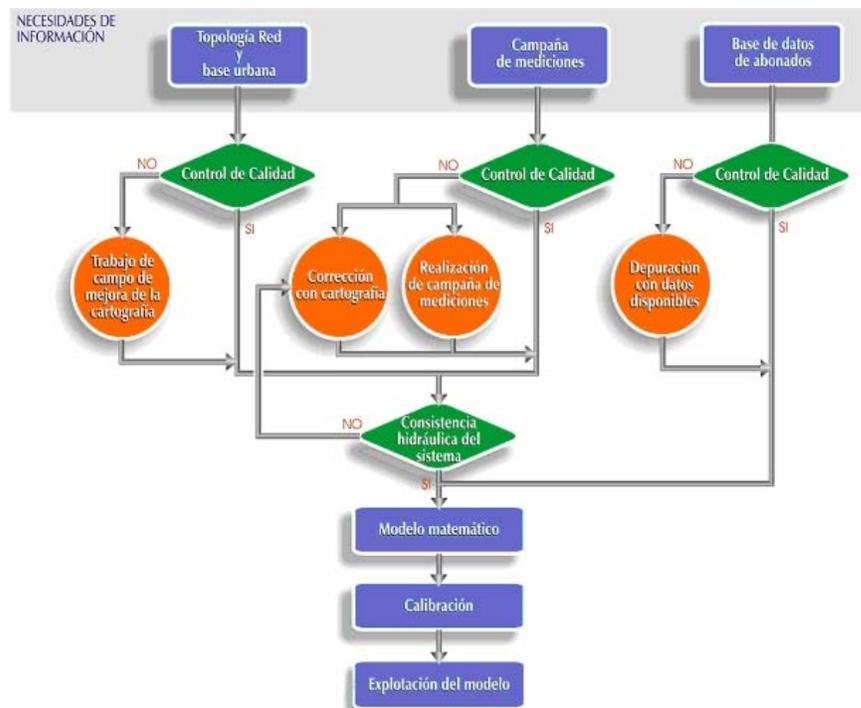
2.1. Fases en la elaboración del modelo

Como se ha comentado, modelar una red necesita el tratamiento de una gran cantidad de información precisa que asegure la fiabilidad del modelo, cuyo grado de detalle dependerá del objetivo del modelo.

Con todos los datos, el modelo debe resolver las ecuaciones que permitan el conocimiento de las variables hidrodinámicas que deseamos conocer. Básicamente, el diseño de una modelización, tal y como se puede apreciar en la siguiente Figura, comporta las siguientes fases:

- Recopilación de información existente.
- Análisis de la información y de la consistencia de los datos.
- Conformación y calibración del modelo de simulación.
- Explotación del modelo

Figura n° 2. Flujoograma en la modelización matemática de una red de abastecimiento



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Una vez realizados los trabajos de cartografía, se está en condiciones de comenzar los trabajos encaminados a la modelización y simulación del funcionamiento hidráulico del sistema. Para la elaboración del modelo hay que ser conscientes que se hace sobre una red en servicio, y que por lo tanto se tiene que suponer en muchos casos valores

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 5</p>
---	---	--

para parámetros como rugosidades, consumos, etc. con lo que estos deberán ser cotejados y ajustados a lo largo del desarrollo del modelo. Dentro del proceso de modelización de la red de abastecimiento, podemos diferenciar una fase inicial de recopilación de la información, al que le seguirá otra fase de montaje de la red.

Siguiendo estas etapas se dispondrá de un **modelo inicial, sin validar, de la red**. Las siguientes etapas se centran en la **corrección y ajuste de los parámetros de la red**, para que el modelo la reproduzca con la mayor fiabilidad. Estas etapas son las siguientes:

- Análisis y asignación de consumos. Mediante el cálculo de las dotaciones se realizará la distribución de los caudales en el sistema de distribución.
- Toma de medidas de presión y caudal. Se realizan para esto una serie de medidas en aquellos puntos de la red que se consideren necesarios que servirán como ajuste en la siguiente etapa.
- Ajuste del modelo. Se reproducen con el modelo los estados de carga de las mediciones. Se comparan los valores de presión y caudal medidos en la red, con los obtenidos del modelo, y se ajustan los diferentes parámetros buscando que coincidan unos y otros.

Al final de este proceso se obtiene un **modelo calibrado**, que permitirá realizar simulaciones de cualquier estado de carga en la red con lo que se podrá proceder a su explotación, tanto en la configuración actual como en la futura, donde se incorporarán las nuevas áreas de crecimiento urbanístico previstas en los Planes de Desarrollo Urbano de los municipios.

Así, será posible detectar problemas y deficiencias de la red tanto en el estado actual como futuro y se podrá formular por tanto un plan de mejoras en las que se propongan las soluciones a corto y largo plazo.

2.2. Recopilación y análisis de la información

Durante la fase de recopilación se va a tener la oportunidad de revisar y actualizar las fuentes de información de la red objeto del modelo. Muchos de los elementos que

forman la red son tan antiguos como la red misma, y no se sabe cuál es su estado, tanto de conservación como de funcionamiento. De manera general, la información que se considera necesaria recopilar es:

Topología de la red

La topología del modelo de simulación hidráulica de cualquier sistema de distribución se basa en la cartografía de la red de distribución inventariada en campo. Se procederá a exportar los datos de la topología de la red de distribución al programa de modelización. Los datos que deben conocerse de los elementos y sistemas de la red se indican en la siguiente tabla:

Tabla n° 1. Datos de topología de la red de abastecimiento necesarios para el modelo matemático

Topología de la red	TOTAL
Conducciones	Diámetro Longitud Material Topología Conectividad
Bombes	Potencia nominal Curva característica Rendimiento Conectividad Horas de funcionamiento Modo de operación
Elementos de regulación	Diámetro Estado de apertura/cierre Consignas de válvulas reductoras de presión Modo de operación
Depósitos	Ubicación Tipo Dimensiones Cota de solera Nivel máximo Nivel mínimo Modo de operación

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 7</p>
---	---	--

Altimetría

Con objeto de poder asignar cotas altimétricas a las entidades presentes en cualquier sistema de distribución, se suele proceder a la generación del Modelo Digital de Terreno (MDT).

Un MDT consiste en una entidad gráfica de tipo raster, la cual describe la representación digital de una superficie terrestre. Se dispone como una matriz, donde cada una de sus unidades mínimas (píxeles) lleva asociada una información de elevación. El MDT resulta de una interpolación de curvas de nivel con cota conocida y puntos acotados.

La mayor ventaja de generar el MDT es poseer la cobertura total de datos de elevación de la superficie tratada. Al obtener toda esta información, se obtiene de forma inmediata el valor de la cota altimétrica de cualquier punto de la cartografía. Esta información altimétrica se utiliza para dar cota a los nudos de unión entre tuberías en que se discretiza la red de distribución.

Aportaciones y consumos

Los datos de aportaciones y consumos son imprescindibles para conocer el funcionamiento de la red. Es necesario distribuir el consumo de la manera más real posible para poder asignar a cada uno de los nudos que conforman el modelo un valor de demanda.

Planes de Desarrollo Urbano

Estos Planes establecen las zonas donde se crearán nuevas zonas urbanas a corto, medio y largo plazo. Estos nuevos desarrollos urbanos se conectarán en el futuro a la actual red de abastecimiento de agua potable del municipio, por lo que es necesario comprobar el funcionamiento de la misma con las nuevas demandas que generarán. Por este motivo es necesario conocer tanto su ubicación como la población estimada que albergarán.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 8</p>
---	---	--

2.3. Montaje del modelo matemático teórico

Una vez analizada la información y depurados los errores encontrados, el siguiente paso es organizarla de manera tal que se pueda introducir en el programa de análisis para el montaje del modelo.

Al final, el modelo está formado por un conjunto de líneas y nudos. Las líneas se corresponden con la simplificación del entramado de tuberías, junto con las válvulas y bombas incluidas en el modelo. Por otro lado, los nudos son depósitos, puntos de consumo o inyección del modelo y conexiones entre líneas.

La información sobre la topología de las conducciones y la altimetría de las conexiones se encuentra ya digitalizada en el Gestired Global Solution©. A esto hay que añadir además otro tipo de información imprescindible a la hora de realizar la modelización, como es el consumo en los nudos o la caracterización de los bombeos y de los depósitos.

2.4. Calibración del modelo matemático

Una vez realizadas las etapas anteriores se dispone de un modelo inicial, sin validar, de la red de abastecimiento. Hay que tener en cuenta que los valores de los parámetros que se han asignado al modelo son los de diseño (rugosidades, diámetros, pérdidas localizadas, etc...) o han sido obtenidos por simplificación, lo cual añade incertidumbre al sistema de distribución que se representa. Por ello, con objeto de obtener un detallado conocimiento del funcionamiento hidráulico de la totalidad de la red de distribución del municipio de Ameca se debe calibrar el modelo matemático.

Las siguientes etapas se centran en la corrección y ajuste de los parámetros de la red para que el modelo reproduzca con fiabilidad el comportamiento del sistema de distribución que representa. Éstas son:

- Toma de medidas de presión y caudal. Se realizan para esto una serie de medidas en aquellos puntos de la red que se consideren necesarios. Estos datos servirán para la siguiente etapa.



- Ajuste del modelo. Se reproducen con el modelo los estados de carga de las mediciones. Se comparan los valores de presión y caudal medidos en la red con los obtenidos del modelo, y se ajustan los diferentes parámetros buscando que coincidan unos y otros.

3. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA DE LA RED

Como ya se ha indicado el programa de modelización elegido para este trabajo es el Gestired Global Solution©, que contiene una herramienta de modelización matemática de redes de distribución de agua potable.

El modelo matemático de Ameca, sobre el que se ha redactado el presente texto, consta de 1904 tramos de tuberías, que suman un total de 116.88 km de red, y unen 1709 nudos de caudal. Comprende 11 puntos de suministro, 2 tanques de almacenamiento (uno fuera de servicio), 12 bombas, 306 válvulas de corte, 10 válvulas check y 6 válvulas reguladoras de presión.

3.1. Verificación de la coherencia hidráulica de la red

El montaje del modelo matemático de detalle de la red de abastecimiento de Ameca, en la zona ámbito del proyecto, se realiza sobre la base de cartografía obtenida para el presente proyecto por Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Sobre el sistema de red inicial digitalizado en Gestired Global Solution©, se pasó a analizar su estructura y elementos para obtener un sistema con coherencia hidráulica. Por muy buena que sea la cartografía de una red, siempre hay datos que resulta imposible conocer en el terreno (pozos de válvulas tapados o inaccesibles, tuberías de la que no se puede conocer su material por no ser visibles en ningún punto de su recorrido, etc.) y posteriormente plasmar en la cartografía, por lo que resulta imprescindible hacer un recorrido por toda la red y comprobar los datos que faltan y adjudicarles un valor siguiendo la coherencia con lo que existe en el entorno.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 10</p>
---	---	---

Sobre el modelo inicial y una vez completamente depurado, se procede a la carga del resto de información necesaria, tanto las demandas como el modo de operación de los bombes, válvulas y entradas y salidas de depósitos.

Para obtener una red más operativa y funcional desde el punto de vista computacional es importante en cualquier proceso de modelización realizar una simplificación del modelo. El grado de simplificación depende del tipo de red a estudiar, grado de detalle requerido, volumen de información disponible, fiabilidad de dichos datos, criterio personal, etc., pero deberá ser tal que respete aquellos elementos de importancia relevante, como:

- Grandes consumidores de agua
- Puntos de medición
- Puntos críticos de condiciones desconocidas
- Grandes tuberías
- Bombeos
- Válvulas de regulación
- Depósitos
- Elementos de control
- Otros

3.2. Asignación de cotas

Uno de los pasos más importantes en el montaje del modelo matemático es la asignación de cotas a los nudos y elementos de la red. Para la asignación de cotas se obtuvo el Modelo Digital de Terreno (MDT) correspondiente al municipio de Ameca, a través de las curvas de nivel con diferencias ± 1 metro. Para ello se siguieron los siguientes pasos:

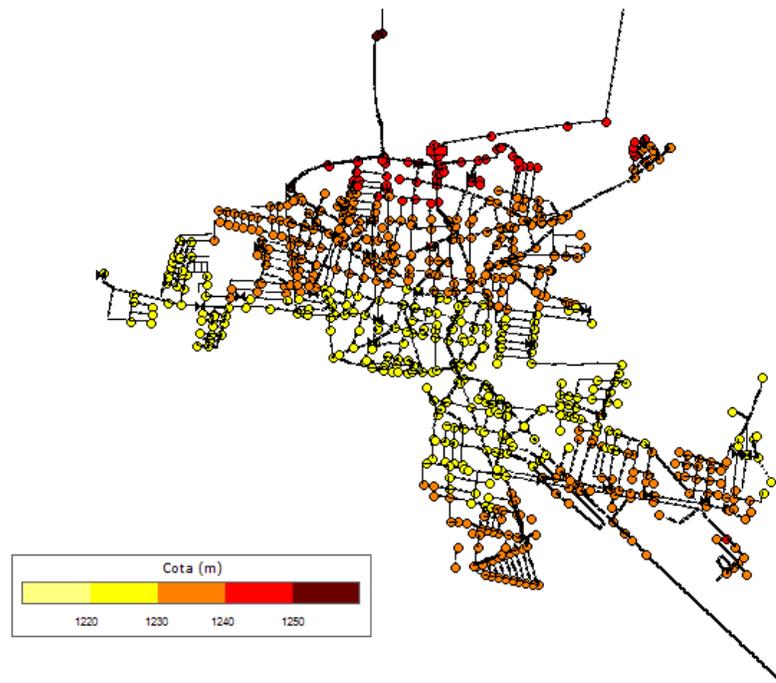
- Conversión de curvas de nivel desde DWG (Autocad) a entorno GIS, para poder asignar la cota del terreno a los distintos elementos.
- Generación de Modelo Digital de Terreno (MDT) del municipio a partir de estas curvas de nivel y de puntos acotados.

Figura n° 3. Curvas de nivel y red en Ameca



Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Figura n° 4. Cotas en los nudos del modelo de Ameca



Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

3.3. Asignación de rugosidades para el cálculo de la pérdida de carga

Para evaluar las pérdidas de carga continuas se utiliza la ecuación de Hazen-Williams, considerada de validez universal:

$$H_L = \frac{10,674 \cdot L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot d^{4,871}}$$

Siendo

H_L = pérdida de carga, en mca

Q = caudal, en m³/s

L = longitud de la tubería, en metros

d = diámetro de la tubería, en metros

C = coeficiente de rugosidad (factor de Hazen-Williams)

Los coeficientes de rugosidad empleados en función del tipo de material y considerando que las tuberías están en servicio son los recomendados por numerosas fuentes técnicas y académicas¹:

Tabla n° 2. Coeficientes de rugosidad

Material	Coficiente de rugosidad
Hierro fundido	120
Hierro galvanizado	120
Asbesto-cemento	140
Acero	140
PVC	145
Sin determinar	120

Fuente: Bibliografía varia

¹ Instituto CEDEX "Guía técnica sobre tuberías (2006)"; Liria Montañés, J. Proyecto de redes de distribución de agua en poblaciones. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, (1995); Santos Sabrás, F; Mongelos, M. B. Estudio de la fiabilidad de determinadas fórmulas empíricas para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías trabajando con agua. Cuadros prácticos. Revista Tecnología del Agua n° 27 (1986)

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 13</p>
---	---	---

Las rugosidades se han actualizado en función de la edad de las conducciones. A medida que aumenta la antigüedad de la red, la rugosidad aumenta debido a la aparición de incrustaciones en el interior de los tubos y, de acuerdo con la ecuación anterior, los coeficientes de rugosidad disminuyen. Las rugosidades de las conducciones de hierro fundido, hierro galvanizado, acero y asbesto-cemento se han aumentado un 30% aproximadamente, mientras que las de PVC (más nuevas) en un 10%.

3.4. Asignación de fugas en la red

Para la creación de un modelo matemático lo más realista posible, es obligatorio modelar el volumen de fuga del sistema. Para poder estimar un volumen de fugas, hay que tener en cuenta que éstas responden de manera directamente proporcional a la presión. Es decir, el caudal de fugas es máximo cuando las presiones de la red son máximas y, por lo tanto, los consumos mínimos, y viceversa.

En los métodos tradicionales se admite la hipótesis de rendimiento volumétrico uniforme en toda la red. Este procedimiento es aproximado y supone proporcionalidad entre caudales de fuga y caudales controlados. (En realidad, el rendimiento varía a lo largo del tiempo, y toma valores distintos en unas zonas u otras de la misma red).

Un método más correcto para la estimación de las cargas debería independizar los caudales demandados por los usuarios de las fugas, evaluando los primeros con los criterios pertinentes (facturaciones, dotaciones, densidad de población, ubicación de acometidas, etc.) y los caudales de pérdidas en función de los defectos de la red y del valor de la presión en las inmediaciones de los mismos.

En esencia el método consiste en diferenciar dos tipos de consumo en el modelo matemático del sistema de distribución: el denominado consumo útil, y el consumo no controlado. Los primeros son reales desde el punto de vista del esqueleto de la red, mientras los segundos son ficticios.

El procedimiento que se presenta trata por separado el caudal útil del que no lo es, distribuyendo el primero entre los nudos reales según un criterio convencional de

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 14</p>
---	---	---

reparto, tal y como se ha explicado en el epígrafe anterior. El resto de caudal es demandado por los nudos, según el estado de presiones. Este caudal no controlado representa los defectos existentes en la red, causantes de las fugas.

De esta forma, cada nudo real del modelo representa una zona de influencia del mismo, en la que:

- La suma de las demandas útiles pertenecientes a la zona de influencia se asigna a dicho nudo en cada instante de tiempo.
- Simultáneamente se pierde un caudal debido a la existencia de defectos en las instalaciones de esa área.

En el caso del modelo matemático de la red de abastecimiento de Ameca, para simular las fugas se aproximan éstas a "emisores". Los emisores son dispositivos asociados a los nudos de caudal que permiten simular el flujo de salida a través de una tobera, orificio o fisura descargando a la atmósfera. El caudal de salida por un emisor varía en función de la presión disponible en el nudo, conforme a la ecuación:

$$q = C p^{\gamma}$$

Donde:

q = caudal

p = presión

C = coeficiente de descarga

γ = exponente de la presión

En el caso de las toberas y rociadores el exponente γ toma el valor 0.5 mientras que el coeficiente de descarga viene proporcionado por el fabricante, en unidades lps/m ó gpm/psi y representa el caudal que sale por el emisor para una caída de presión en el mismo de 1 m ó 1 psi.

En el caso del modelo matemático de Ameca, el exponente es 0.5 y el coeficiente se ha ajustado en función de las presiones generales de la zona.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 15</p>
---	---	---

3.5. Asignación de demandas y consumos

Lo que marca la diferencia entre un modelo matemático teórico óptimo para, por ejemplo, la docencia y otro válido para la gestión activa de una red de abastecimiento, es la correcta asignación, tanto en volumen, como georefencialmente, de demanda de agua de la red.

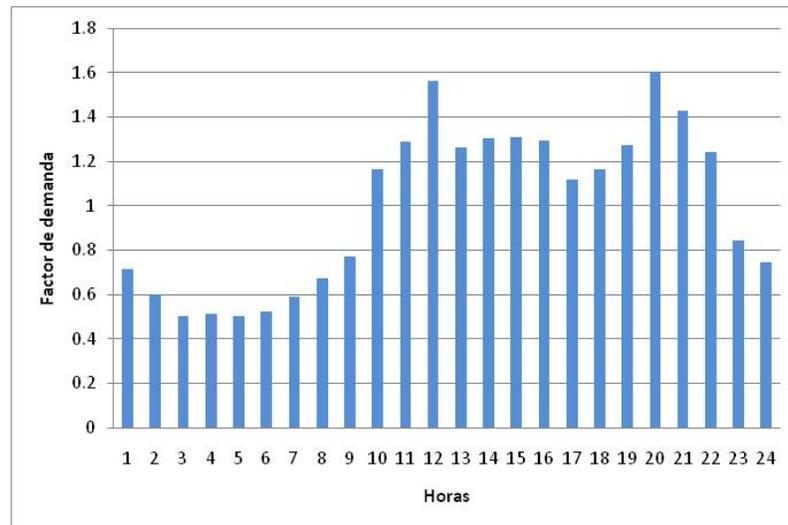
En el caso de Ameca no se ha podido obtener información sobre consumos distribuidos, ya que el organismo no dispone de esos datos.

Para asignar los consumos en el modelo se han realizado mediciones de caudal a la salida de los distintos pozos y tanques que forman parte del sistema de abastecimiento del municipio, estimándose la aportación total al sistema de esta manera, incluyendo fugas y tomas clandestinas (ver **Anexo n° 5: "Campaña de mediciones de caudal y presión"**).

Se ha supuesto que un 40% de ese caudal medido se corresponde con fugas en la red y en instalaciones interiores y el 60% restante al consumo de los usuarios. Este consumo se ha distribuido en los nudos que conforman el modelo en función del área de influencia de cada depósito, al igual que las fugas, que se han modelizado en forma de emisores.

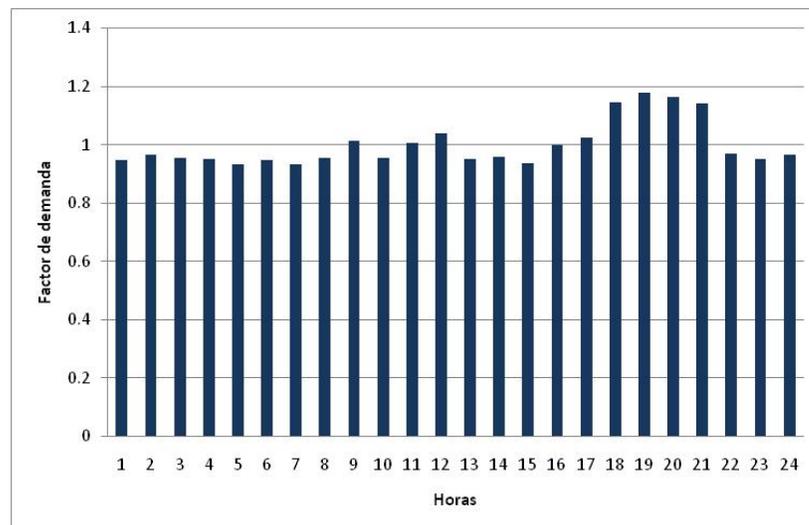
Por otra parte, con las mediciones de caudal realizadas durante 24 horas se han podido establecer unos patrones de consumo experimentales. El consumo de agua es variable a lo largo del día, siguiendo las variaciones temporales de la demanda un ciclo de 24 horas denominado patrón diario de la demanda. Para reflejar este comportamiento en el modelo matemático se emplean las curvas de modulación, que determinan la fluctuación en torno a su valor medio. El modo de operación de la red de Ameca, que funciona mediante tandeos, hace que la curva de modulación de la demanda no sea la que se debería esperar (con menores valores durante la madrugada y picos durante la mañana y la noche), salvo las zonas abastecidas por el pozo Consorcio Hogar que tienen agua durante todo el día. En las siguientes figuras se muestra el patrón de consumo de estas zonas y el empleado en el resto del municipio.

Figura n° 5. Curva de modulación (Consortio Hogar)



Fuente: Campaña de mediciones de Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

Figura n° 6. Curva de modulación



Fuente: Campaña de mediciones de Wasser Hidroingeniería de México S.A. de C.V.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 17</p>
---	---	---

3.6. Procedimiento operativo de la red

Toda la operatividad de la red de abastecimiento es llevada a cabo por el Organismo de Agua Potable del municipio de Ameca (SIAPAME), a cargo de los responsables de operaciones a turnos, 24 horas. El procedimiento operativo de la red se describe de manera detallada en el **Anexo n° 3: “Inventario y Funcionamiento del sistema”**.

3.7. Campaña de mediciones

Se ha llevado a cabo una campaña de mediciones de parámetros hidráulicos de la red, de caudales y presiones, con 19 puntos de medición de presión y 15 de caudal. Los resultados de estas mediciones, referidos al modelo matemático, así como el diseño de la campaña y los equipos utilizados pueden estudiarse en el **Anexo n° 5: “Campaña de mediciones de presión y caudal”**. En el **Plano n° 4: “Campaña de mediciones de parámetros hidráulicos”** se indican los puntos exactos donde se han realizado las mediciones.

3.8. Detalles de modelización

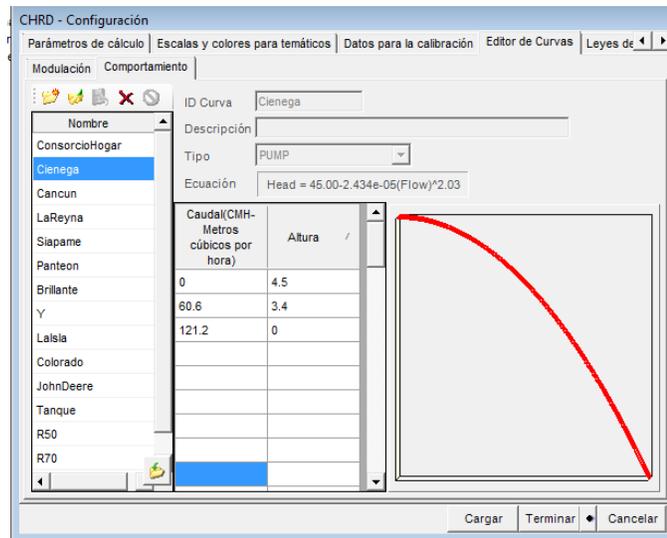
Para realizar la modelización de algunos elementos de red es necesario introducir una serie de datos como son las curvas de comportamiento de las bombas, los horarios de maniobra de las válvulas, las curvas de pérdidas de las válvulas reguladas, etc. En este apartado se describen estos detalles de la modelización.

3.8.1. Curvas de bombeo

Para simular los bombeos, en la mayoría de los casos se utilizaron las mediciones de caudales y presiones realizadas en campo, ya que la mayoría de los equipos no están funcionando a potencia nominal, debido a su antigüedad y al modo de operación de la red (válvula de salida del bombeo parcialmente cerrada).

En la siguiente figura puede verse un ejemplo de curva característica obtenida experimentalmente de un bombeo.

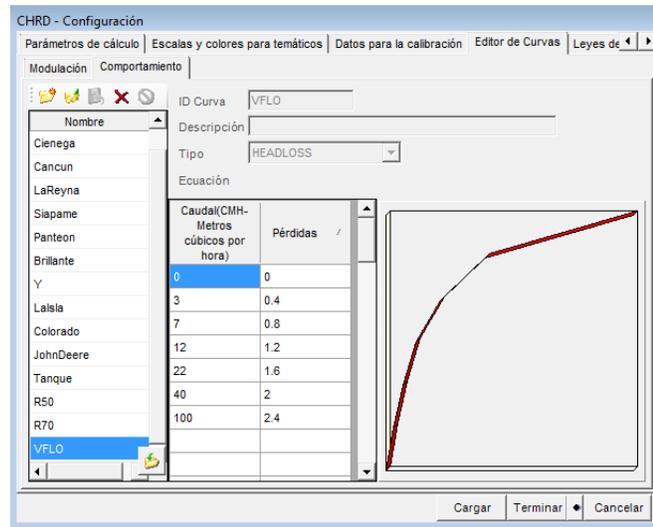
Figura n° 7. Curva característica experimental de bombeo



Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

3.8.2. Válvulas de llenado de tanques

En general, los software de modelación hidráulica no consideran este tipo de válvulas, aportando resultados no reales en los inicios de llenado de tanques ya que calculan caudales excesivos (tendente a infinito) en los primeros minutos de llenado. Para evitar eso se ha creado un artificio de simulación consistente en una serie de válvulas (reductora, generales, etc.), en las cuales, las pérdidas de carga van aumentando en función del nivel de llenado del tanque, simulando una válvula de flotador, más cercana a la realidad.

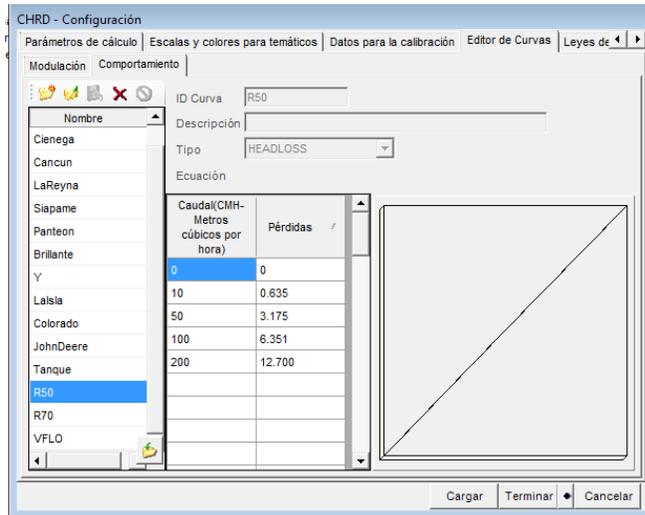
Figura n° 8. Curva de pérdidas de una válvula de llenado

Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

3.8.3. Válvulas reguladas

Una característica de la red de abastecimiento de Ameca es la necesidad de regular el flujo y/o presión de la red, utilizando diferentes niveles de apertura de válvulas. Para ello, cada fabricante de válvulas, en sus especificaciones técnicas, aporta el factor Cv. El Cv (Coeficiente de Volumen) es el número de Galones por minuto de agua requeridos para pasar a través de una válvula con una caída de presión de 1 psi. Generalmente los fabricantes aportan tablas con ese coeficiente en función de su grado de apertura y diámetro de la válvula. Gracias a ese coeficiente, puede determinarse una curva de pérdidas de carga para cada diámetro y grado de apertura de una válvula.

En el caso de Ameca, no se conoce la marca comercial de estas válvulas, por lo cual se ha realizado una tabla con Cv medio, en función de los datos de diferentes fabricantes. Con este Cv se elaboran las curvas de pérdida de carga en válvulas reguladas, para cada diámetro de válvula y en función del grado de apertura.

Figura n° 9. Curva de pérdidas de una válvula regulada

Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

3.9. Calibración del modelo

La calibración es el proceso de ajuste de las características del modelo para reflejar mejor el funcionamiento del sistema. El chequeo de errores lo deja preparado para funcionar de forma que los resultados serán fiables.

Algunos de los ajustes más comunes para calibrar un modelo son:

- Modificaciones en la cartografía: elementos que falten o conexiones que no se conozcan pueden hacer variar el funcionamiento de la red de forma significativa. Es fundamental prestar especial atención al cierre permanente de válvulas.
- Consigna de las válvulas reductoras de presión. Aunque debe ser un valor conocido, suelen estar fijadas a un valor desde hace años y en la actualidad se desconoce.
- Rugosidad o diámetro de las tuberías: Puede existir una variación entre los valores cartografiados y los reales, que inducen a error en los resultados. También se realiza en casos en los que la calidad del agua es mala y existen

muchas incrustaciones. Se puede suponer que la rugosidad aumenta y que el diámetro disminuye.

- **Altura de la lámina de los depósitos:** aunque se conozcan las dimensiones de un depósito, pudiera ocurrir que a la hora de realizar la medición la lámina libre estuviese en un nivel diferente al fijado como partida. Modificando la altura se puede influir con la carga del sistema en cabecera.
- **Vaciado de un depósito:** Viendo la evolución en la altura de la lámina libre de un depósito y conociendo cómo funciona, podemos alterar sus dimensiones o, sobretodo, las de las tuberías de rebose y llenado para que el nivel de ésta se mantenga en un rango de comportamiento más parecido a la realidad.
- **Velocidad relativa de los equipos de bombeo:** Aunque se conozca la potencia nominal de éstos o incluso la curva característica de funcionamiento, podemos alterar la velocidad relativa de los mismos para aumentar o disminuir la presión que produce la impulsión.

Todas estas indeterminaciones pueden condicionar el resultado final del modelo, con lo que previo al proceso de ajuste se debe contar con una simulación suficientemente fiable del estado de la red. En la calibración del modelo podemos distinguir dos fases que son las siguientes:

- **Macrocalibración:** Se comprueba que las magnitudes de presión y caudal obtenidos en los puntos más relevantes del sistema (depósitos, bombeos, etc.) siguen los rangos de funcionamiento que se dan en la realidad. Posteriormente se deben ajustar las magnitudes en todos los demás puntos de la red.
- **Microcalibración:** Una vez que se da como válido el funcionamiento general del sistema, se procede al ajuste detallado tomando como referencia las mediciones de presiones en campo descritas anteriormente. El proceso de microcalibrado consiste en cotejar mediciones y valores calculados bajo las mismas condiciones de contorno y hacer que ambos presenten la menor disparidad posible mediante ajustes en el modelo. Tras dicho proceso obtendremos un modelo fiable que nos permitirá analizar nuestra red y tomar decisiones correctamente asentadas y cimentadas.

3.10. Resultados de la calibración

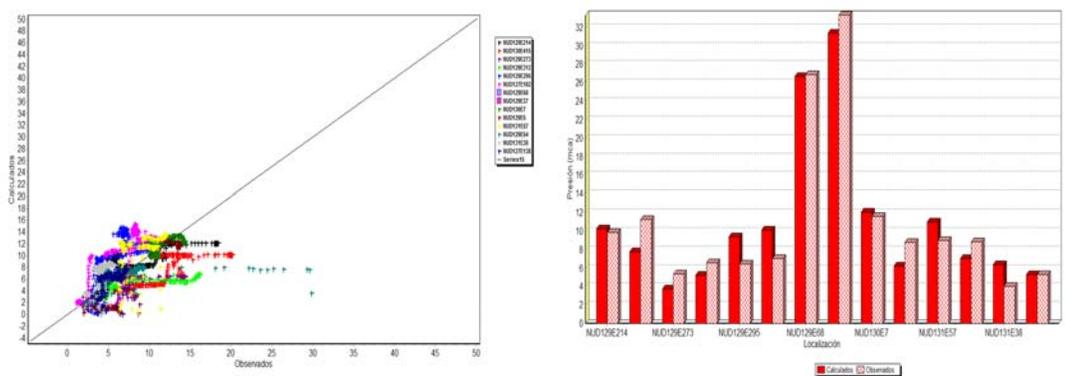
En primer lugar se comprueba que el modelo reproduce los rangos de funcionamiento que se dan en la realidad, empleando para ello la información obtenida durante los trabajos de campo.

Posteriormente, se procede a la fase de microcalibración, para la cual se han utilizado las mediciones de presión y de caudal llevadas a cabo durante el periodo comprendido entre el 21 de julio al 12 de agosto de 2.009 para ajustar el modelo bajo las mismas condiciones de contorno y según un mismo régimen de funcionamiento.

Cada uno de los puntos de medición de presión se asigna a un nudo de caudal, mientras que los puntos de medición de caudal se asocian a una tubería. En cada punto se compara el valor de cálculo con el observado en campo. Esta comparación la hace el módulo de modelización de Gestired Global Solution© automáticamente.

En la siguiente figura se observa la comparación entre los datos de presión medidos y calculados por el modelo. En la primera figura se representan en el eje horizontal se los puntos de medida y para cada uno de ellos el valor calculado de presión y el observado en campo. En la segunda se comparan las medias de los valores calculados y observados.

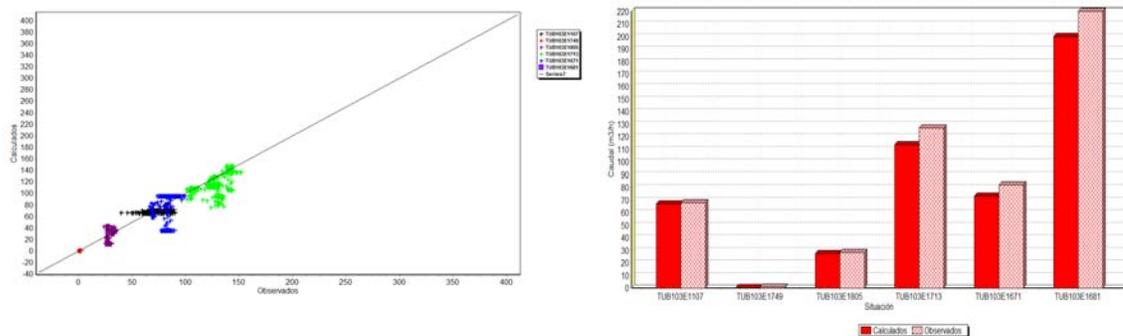
Figura n° 10. Resultados de la calibración del modelo. Valores de presión



Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Análogamente se realiza la comparación de los valores de caudal medidos en campo durante la campaña de medición de parámetros hidráulicos con los calculados con el modelo matemático. En las siguientes figuras se muestra la comparación entre los valores de caudal calculados mediante el modelo y los registrados en campo.

Figura n° 11. Resultados de la calibración del modelo. Valores de caudal



Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

Al final de este proceso se obtiene un modelo calibrado, que permite realizar simulaciones de cualquier estado de carga en la red con lo que se puede proceder a su explotación tanto en la configuración actual como en la futura, donde se incorporarán las nuevas áreas de crecimiento urbanístico previstas en el Plan de Desarrollo Urbano del municipio. De esta manera, se consigue detectar los posibles problemas y deficiencias de la red tanto en el estado actual como en el futuro, pudiendo formular un plan de mejoras en las que se propongan las soluciones a corto y largo plazo.

4. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Habitualmente, el modelo matemático obtenido tras la calibración de una red de abastecimiento se somete a una serie de hipótesis de funcionamiento para poder observar el comportamiento de las magnitudes hidráulicas en todo el sistema. En concreto, es habitual proceder a la simulación y comprobación del funcionamiento hidráulico en hipótesis de caudal medio y también en hipótesis extremas (caudales máximos y mínimos), con objeto de comprobar que si su comportamiento en estas situaciones es correcto también lo será en el resto de escenarios.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 24</p>
---	---	---

En caso de la red de abastecimiento de Ameca **no puede estudiarse el modelo matemático completo o agregado de la red, por el método de hipótesis de funcionamiento habituales debido a que el abastecimiento de la red no es continuo, sino intermitente**, lo cual obliga a parte de la población a abastecerse de agua en horarios no habituales (zonas en las que tan solo tiene agua de noche), lo cual invalida cualquier hipótesis de caudal mínimo nocturno (el cual, en gran parte de la bibliografía existente, se vincula a las fugas del sistema).

Otra de las razones de la imposibilidad del estudio de hipótesis habituales es el procedimiento operativo de la red, detallado el **Anexo n° 3: “Inventario y Funcionamiento del Sistema”**, debido al cual diferentes zonas de la red de abastecimiento tienen caudales máximos en horarios no “habituales”, a consecuencia del cierre y apertura de diferentes válvulas.

Debido a estas razones se opta por analizar el estado de la red de forma horaria, en cuanto al nivel de presiones y abastecimiento actuales.

4.1. Criterios de diagnóstico

A la hora de evaluar el funcionamiento del sistema de abastecimiento del municipio de Ameca se van a tener en cuenta las recomendaciones que establece la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento* del mes de diciembre de 2007.

Los criterios que se van a tener en cuenta son los siguientes:

- Las presiones en la red deben estar comprendidas entre 10 y 30 m.c.a. preferentemente, y nunca deben sobrepasar los 50 m.c.a.
- Las velocidades en las conducciones dependen del material, pero en general deben estar comprendidas entre los 0.30 m/s y los 5 m/s (si el material es concreto la velocidad máxima no debe sobrepasar los 3.5 m/s)
- La pérdida de carga no debe sobrepasar los 10 m/km

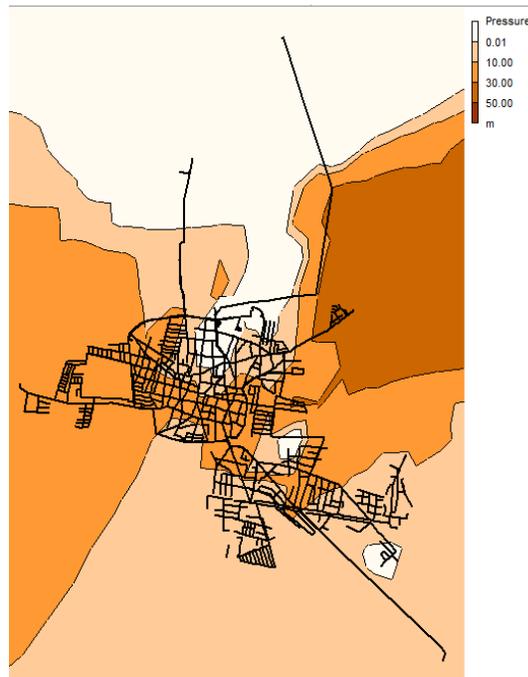
4.2. Comportamiento de las presiones del sistema

Se ha realizado una simulación del sistema de abastecimiento de Ameca durante un periodo de 48 horas debido al modo de operación del mismo, ya que se suministra agua mediante tandeos, en algunos casos diarios y en otros cada tercer día. De este modo, se puede estudiar la red bajo todas las condiciones de operación.

4.2.1. Hora 00:00 – 02:00

En el intervalo de tiempo comprendido entre las 00:00 y las 02:00 A.M. del primer día la válvula B4-002 que abastece a la zona oeste desde el pozo La Isla permanece abierta, mientras que la B4-006 que suministra agua al Fracc. Municipal está cerrada. Las presiones en general son adecuadas en la mayor parte del municipio, excepto en la zona sur y al norte (Las Victorias y Guadalupano) donde se localizan presiones por debajo de los 10 m.c.a. Esto se debe a que las presiones a la salida de los pozos que abastecen estas zonas (La Reyna y La Y) son demasiado bajas.

Figura n° 12. Isométrica de presiones. Hora 00:00 – 02:00

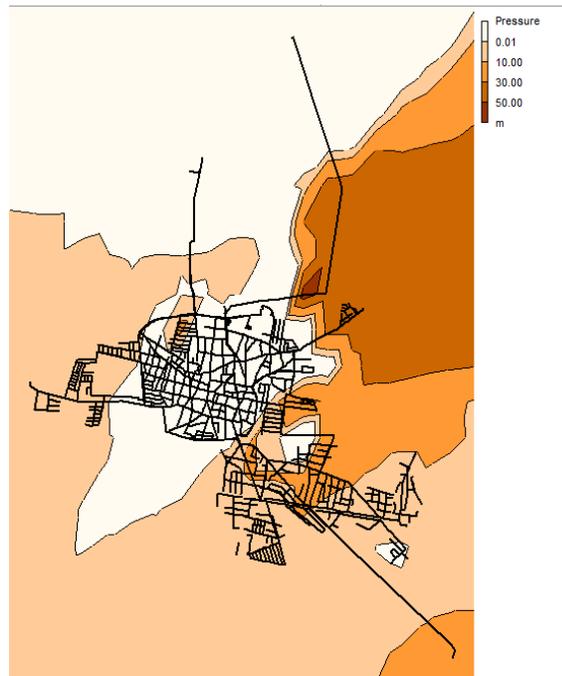


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.2. Hora 03:00 – 04:00

Durante este tiempo el rebombeo del tanque Siapame permanece apagado, por lo que no llega agua a la zona del centro del municipio. La presión en la zona oeste ha bajado hasta situarse por debajo de los 10 m.c.a..

Figura n° 13. Isométrica de presiones. Hora 03:00 – 04:00

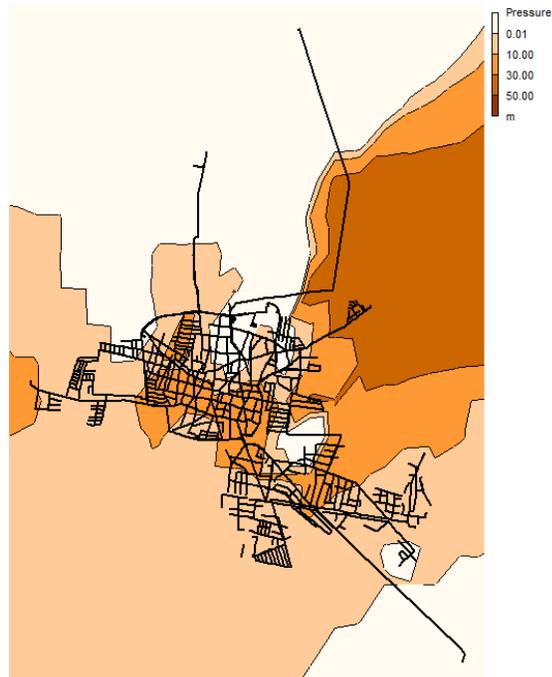


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.3. Hora 05:00

A esta hora el rebombeo del tanque se ha vuelto a encender y se recuperan las presiones en la zona centro.

Figura n° 14. Isométrica de presiones. Hora 05:00



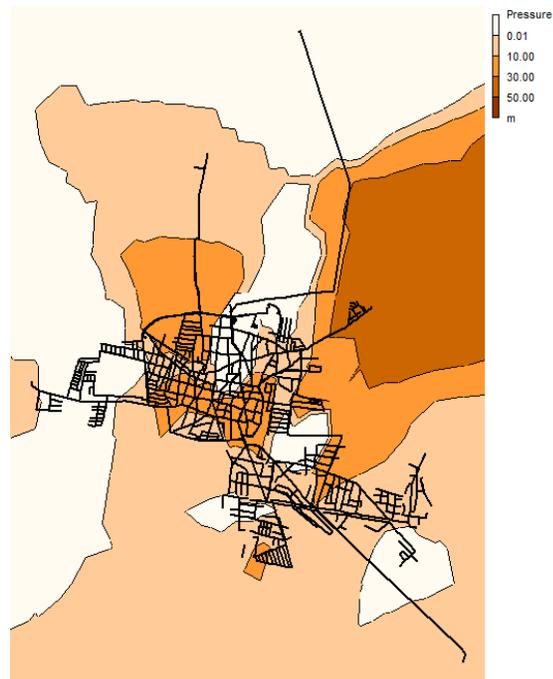
Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.4. Hora 06:00 – 09:00

A las 6 de la mañana se cierra la válvula B4-002 que abastece a la zona oeste del municipio desde el pozo La Isla, de manera que esa zona queda sin suministro de agua. A esa misma hora se abre la válvula B4-006 para dar agua al Fracc. Municipal, donde se observan presiones adecuadas.

También a las 6 de la mañana se cierra la válvula I6-001 en La Reyna, de manera que el agua queda retenida en esta Colonia, aumentando las presiones ligeramente en esta zona y disminuyendo en el resto de las colonias situadas al sur del río.

Figura n° 15. Isométrica de presiones. Hora 06:00 – 09:00

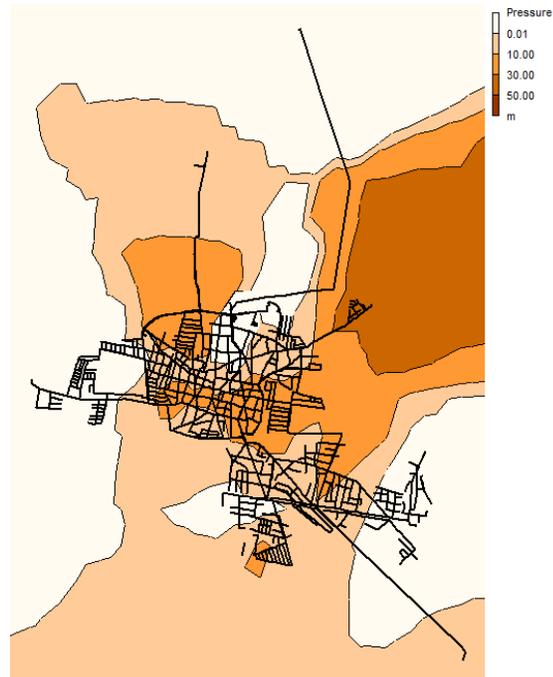


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.5. Hora 10:00

A esta hora las presiones han disminuido aún más en la zona sur, debido al aumento de consumo que se produce durante la mañana.

Figura n° 16. Isométrica de presiones. Hora 10:00

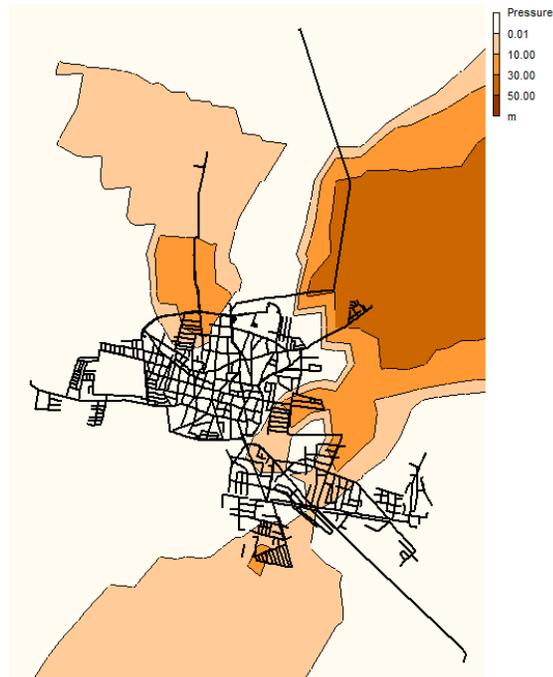


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.6. Hora 11:00 – 12:00

Durante estas horas el rebombeo del tanque se vuelve a apagar, de manera que toda la zona centro se queda sin suministro de agua. También la mayor parte de la zona sur presenta presiones muy bajas, ya que ni el pozo El Colorado ni La Reyna están abasteciendo a esas zonas durante esas horas.

Figura n° 17. Isométrica de presiones. Hora 11:00 – 12:00

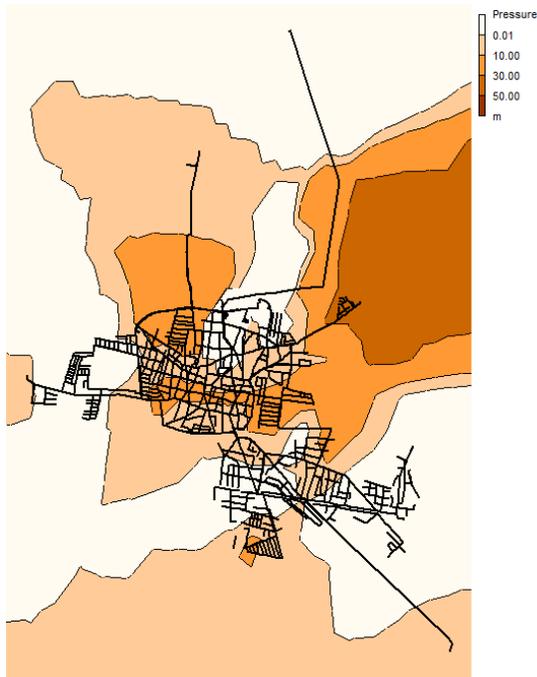


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.7. Hora 13:00 – 14:00

El rebombeo se vuelve a encender, suministrando agua a la zona centro. En la zona sur, a excepción de la Colonia La Reyna, apenas disponen agua los usuarios ya que el pozo El Colorado abastece al tanque del Siapame y la válvula H7-009 está cerrada para que abastezca a la zona de El Manantial desde el pozo John Deere.

Figura n° 18. Isométrica de presiones. Hora 13:00 – 14:00

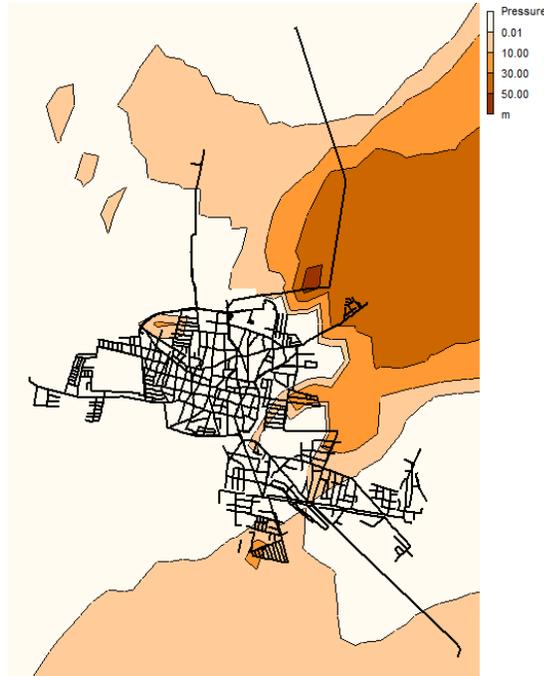


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.8. Hora 15:00 – 16:00

El rebombeo del tanque vuelve a apagarse para poder llenar el tanque, y la zona centro queda de nuevo desabastecida.

Figura n° 19. Isométrica de presiones. Hora 15:00 – 16:00

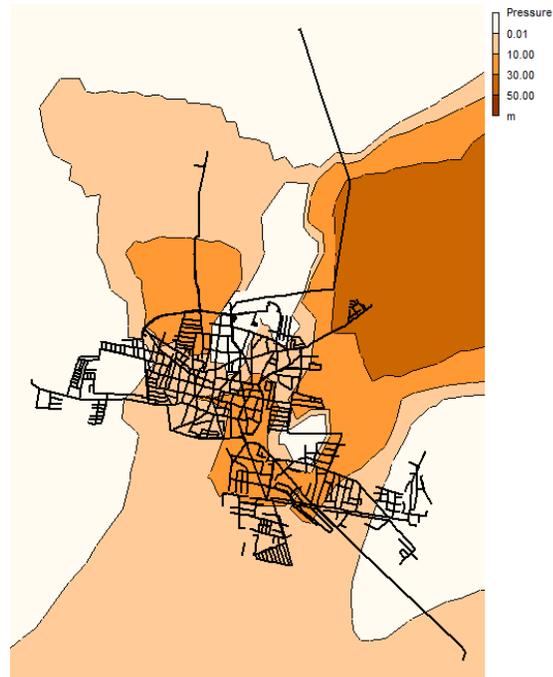


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.9. Hora 17:00 – 21:00

El rebombeo vuelve a funcionar, se abre la válvula H7-009 de manera que el pozo John Deere vuelve a suministrar agua a casi toda la zona sur. Además el pozo El Colorado empieza a abastecer también al sur del río, por lo que las presiones que se observan en la mayor parte del municipio son adecuadas. En La Reyna se observan presiones por debajo de 10 m.c.a. (a las 5 de la tarde se cierra la válvula I6-001) y no tienen agua en la zona oeste (la válvula B4-002 permanece cerrada) ni en la Colonia La Esperanza. Esta última se abastece desde el pozo Consorcio Hogar pero no da presión ni caudal suficiente para suministrar agua a esta colonia.

Figura n° 20. Isométrica de presiones. Hora 17:00 – 21:00

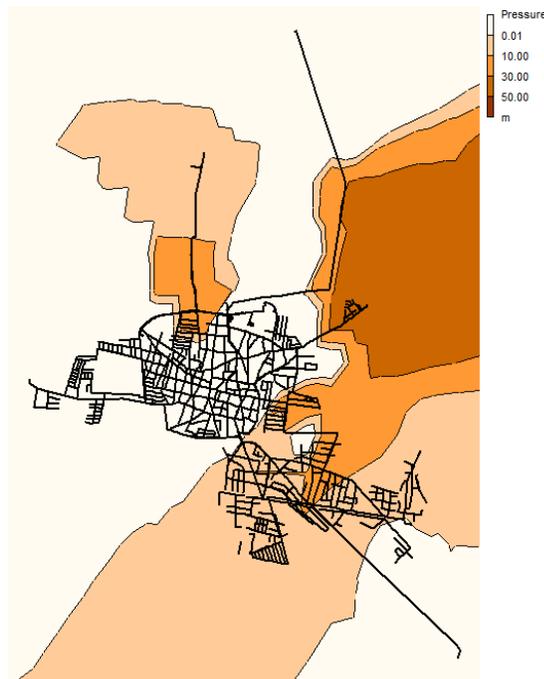


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.10. Hora 22:00

A esta hora el rebombeo del tanque se vuelve a apagar. En la zona centro no hay agua y en la zona sur las presiones se encuentran por debajo de los 10 m.c.a..

Figura n° 21. Isométrica de presiones. Hora 22:00

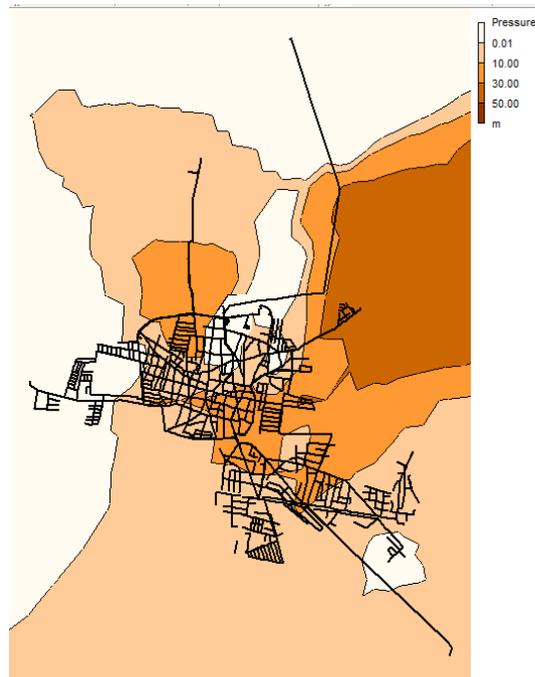


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.11. Hora 23:00 – 26:00

Durante estas horas el rebombeo permanece encendido dando agua a la zona centro, donde se observan valores de presión aceptables. En la zona sur las presiones se encuentran por debajo del valor mínimo recomendado (10 m.c.a.). La zona oeste sigue sin agua debido al cierre de la válvula B4-002.

Figura n° 22. Isométrica de presiones. Hora 23:00 – 26:00

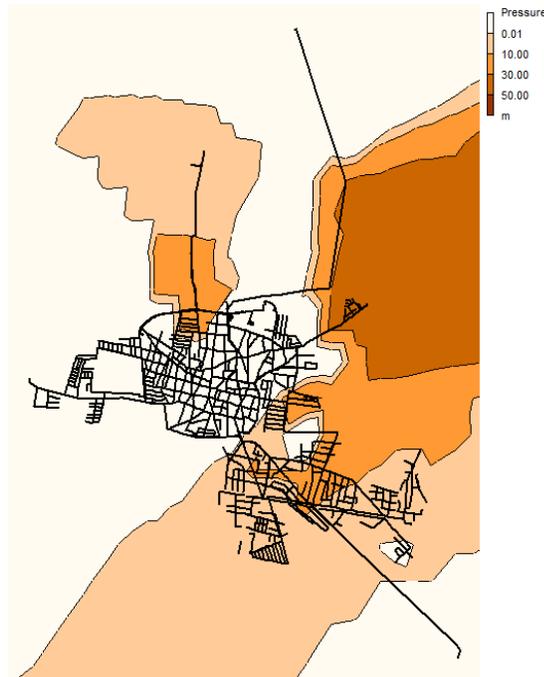


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.12. Hora 27:00 – 28:00

A esta hora el rebombeo del tanque se vuelve a apagar. En la zona centro no hay agua y en la zona sur las presiones se encuentran por debajo de los 10 m.c.a..

Figura n° 23. Isométrica de presiones. Hora 27:00 – 28:00

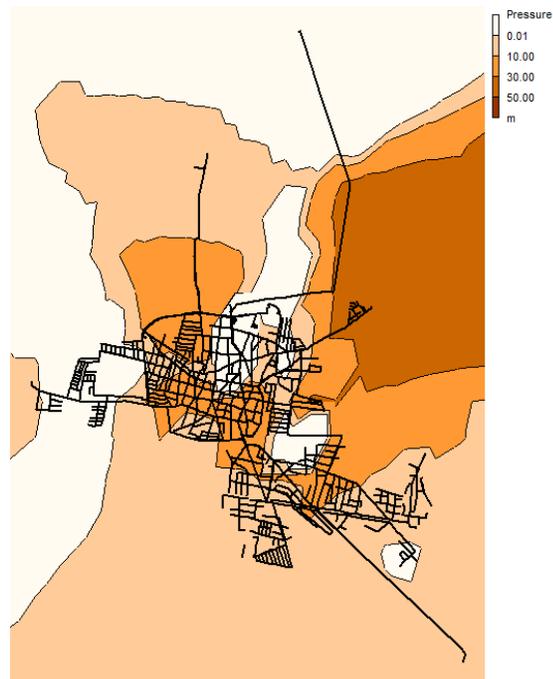


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.13. Hora 29:00

El rebombeo se vuelve a encender. Las presiones en las zonas donde hay suministro de agua son adecuadas, excepto en la zona sur donde se encuentran por debajo de 10 m.c.a.

Figura n° 24. Isométrica de presiones. Hora 29:00

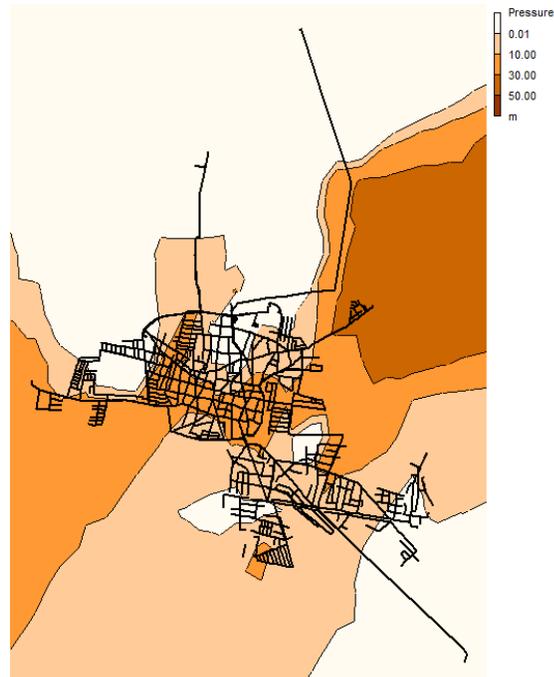


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.14. Hora 30:00 – 34:00

A las 6 de la mañana se abre la válvula B4-002 para dar agua a la zona oeste del municipio desde el pozo La Isla, y se cierra la B4-006, por lo que el Fracc. Municipal se queda desabastecido. A esa hora también se cierra la válvula I6-001 para retener el agua en la Colonia La Reyna, al igual que el día anterior, aumentando ligeramente las presiones en esa zona.

Figura n° 25. Isométrica de presiones. Hora 30:00 – 34:00

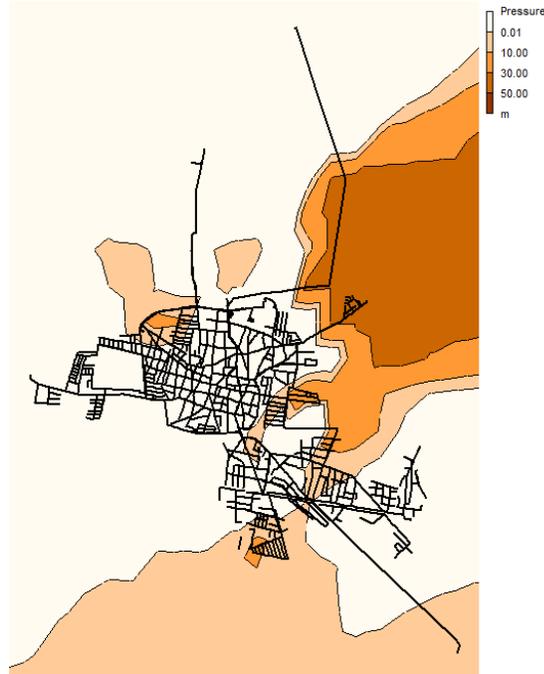


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.15. Hora 35:00 – 36:00

Durante estas horas el rebombeo del tanque se vuelve a apagar, de manera que toda la zona centro se queda sin suministro de agua. También la mayor parte de la zona sur presenta presiones muy bajas, ya que ni el pozo El Colorado ni La Reyna están abasteciendo a esas zonas durante esas horas.

Figura n° 26. Isométrica de presiones. Hora 35:00 – 36:00

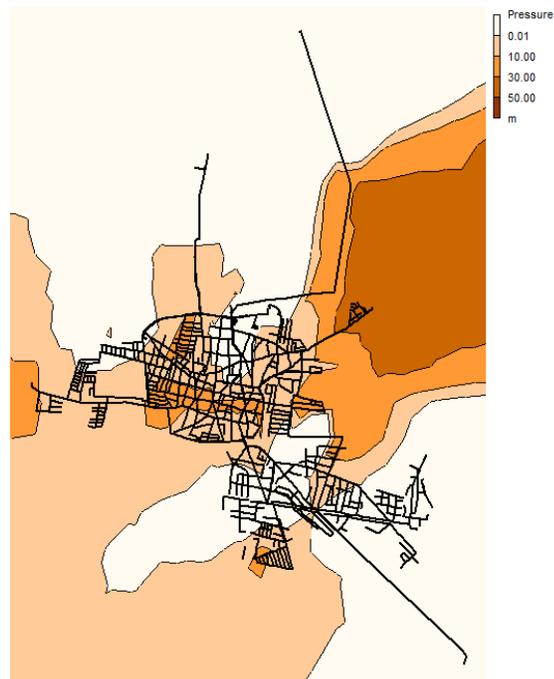


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.16. Hora 37:00 – 38:00

El rebombear se vuelve a encender, suministrando agua a la zona centro, aunque se observan valores de presión muy bajos tanto en el centro como en el oeste del municipio. En la zona sur, a excepción de la Colonia La Reyna, apenas disponen agua los usuarios ya que el pozo El Colorado abastece al tanque del Siapame y la válvula H7-009 está cerrada para que abastezca a la zona de El Manantial desde el pozo John Deere.

Figura n° 27. Isométrica de presiones. Hora 37:00 – 38:00

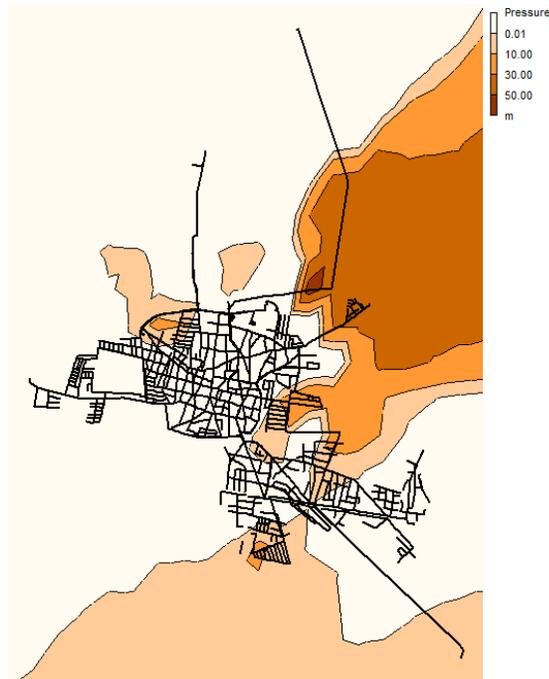


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.17. Hora 39:00 – 40:00

El rebombeo del tanque vuelve a apagarse para poder llenar el tanque, y la zona centro queda de nuevo desabastecida.

Figura n° 28. Isométrica de presiones. Hora 39:00 – 40:00

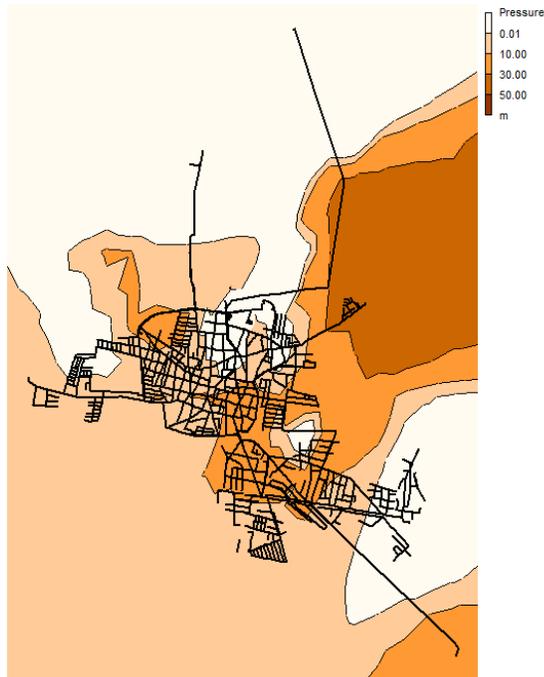


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.18. Hora 41:00 – 44:00.

El rebombeo vuelve a funcionar. Se abre la válvula H7-009 de manera que el pozo John Deere vuelve a suministrar agua a casi toda la zona sur. Además el pozo El Colorado empieza a abastecer también al sur del río, por lo que las presiones en la zona sur se recuperan. En La Reyna se observan presiones por debajo de 10 m.c.a. (a las 5 de la tarde se cierra la válvula I6-001) y no tienen agua en la Colonia La Esperanza. Esta última se abastece desde el pozo Consorcio Hogar pero no da presión ni caudal suficiente para suministrar agua a esta colonia durante, cuando el consumo aumenta.

Figura n° 29. Isométrica de presiones. Hora 41:00 – 44:00

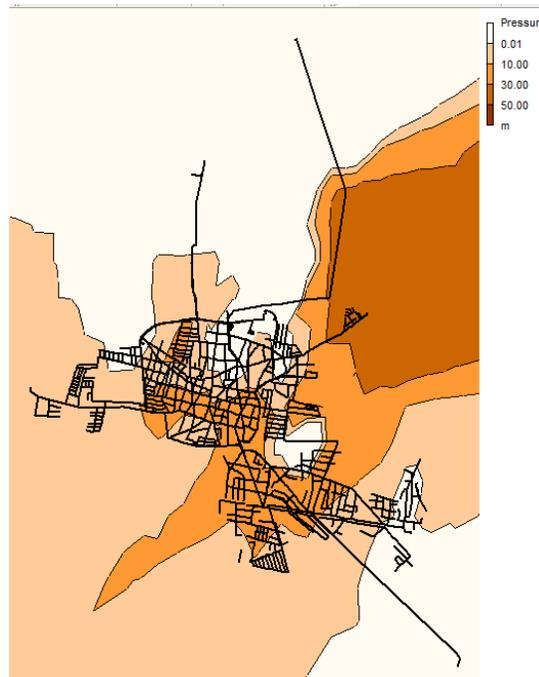


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.19. Hora 45:00

A esta hora las presiones van aumentando en casi todo el municipio.

Figura n° 30. Isométrica de presiones. Hora 45:00

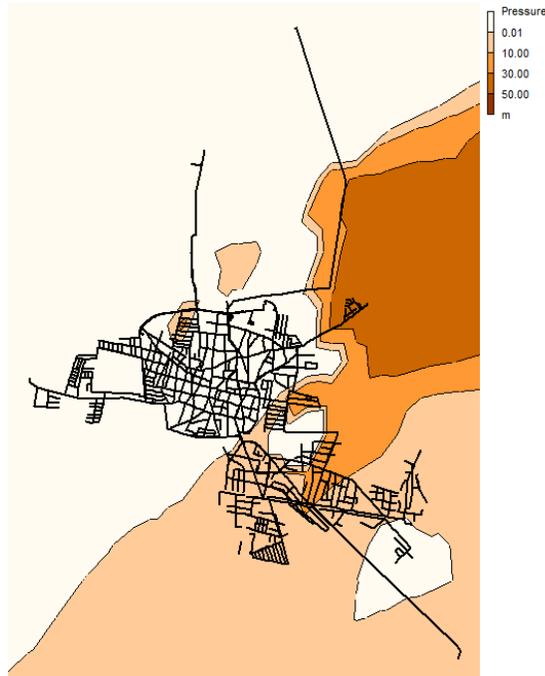


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.20. Hora 46:00

El rebombeo se vuelve a apagar dejando sin agua la zona centro.

Figura n° 31. Isométrica de presiones. Hora 46:00

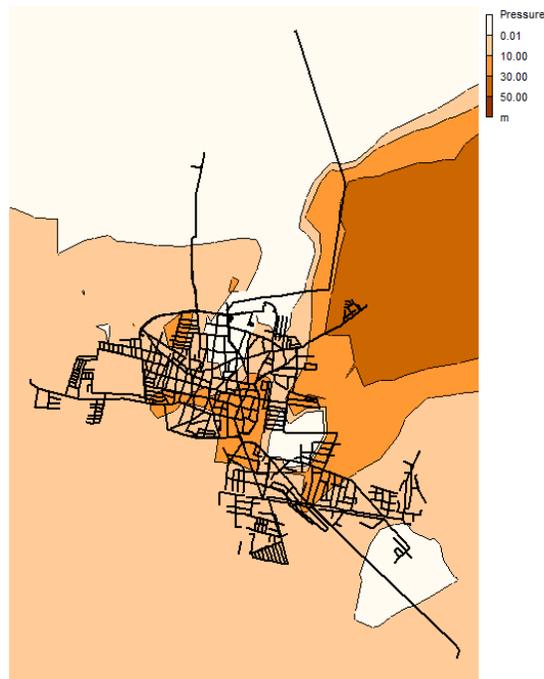


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.21. Hora 47:00

A esta hora, una vez encendido el rebombado del tanque de nuevo, las presiones se van recuperando, aumentando progresivamente tanto en la zona centro, norte y oeste, debido al descenso de consumos que se produce durante la noche.

Figura n° 32. Isométrica de presiones. Hora 47:00

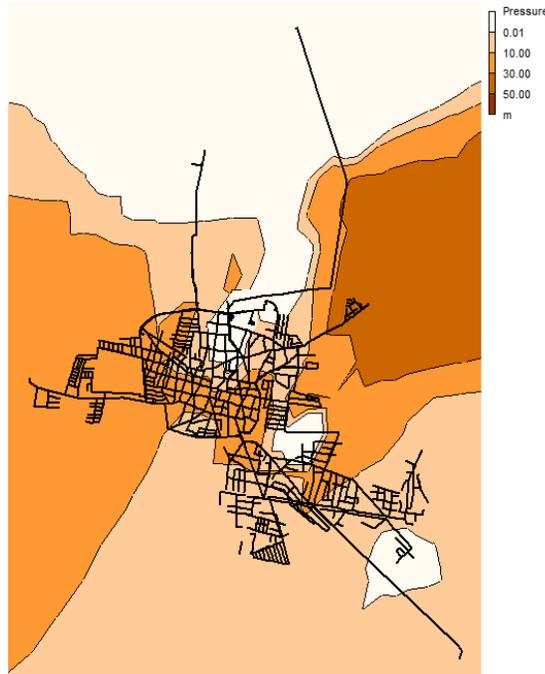


Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.2.22. Hora 48:00

Las presiones aumentan, observándose valores adecuados en la mayor parte del municipio, excepto en la zona sur (La Reyna, Rancho Corona, México, La Esperanza) y algunas colonias de la zona norte (Las Victorias y Guadalupano).

Figura n° 33. Isométrica de presiones. Hora 48:00



Fuente: Gestired Global Solution. Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

4.3. Conclusiones

La red de abastecimiento del municipio de Ameca tiene debilidades en cuanto a su garantía de abastecimiento e intermitencia del suministro, debido principalmente al gran volumen de agua no controlada (fugas y tomas clandestinas).

En ningún momento se suministra agua a todos los usuarios del municipio. El caso más destacable es el de la zona centro del municipio que permanece sin suministro de agua cuando el rebombeo del tanque existente se apaga. Esta maniobra es necesaria para permitir el llenado del tanque.

Aún cuando se dan las mejores condiciones en cuanto a valores de presión se refiere (horas de menor consumo y rebombeo encendido) se observan presiones por debajo del valor mínimo recomendado por la CONAGUA (10 m.c.a.) en muchas zonas del municipio, fundamentalmente en el sur y en las colonias abastecidas por el pozo La Y.

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 47</p>
---	---	---

5. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN FUTURA

Para analizar la situación futura de la red de Ameca se deben tener en cuenta las previsiones de crecimiento urbanístico y demográfico de la población, que se han obtenido del Plan de Desarrollo Urbano del municipio (ver **Anexo n° 2: “Crecimiento demográfico y Planeamiento urbanístico”**).

De igual manera, **para la creación del escenario futuro se suponen implementadas las mejoras propuestas** en el presente Proyecto, por las cuales la red mejora notablemente su comportamiento hidráulico:

1. Construcción de un nuevo tanque superficial.
2. Rehabilitación del tanque elevado de La Reyna.
3. Perforación del nuevo pozo en la Unidad Deportiva.
4. Nuevo tanque elevado en la Unidad Deportiva.
5. Nuevo rebombeo en el tanque del Siapame.
6. Implantación de la sectorización propuesta en la fase II.
7. Eliminación de las fugas localizadas y reducción de las mismas mediante la instalación de UOC en las entradas de cada sector.
8. Instalación de micromedidores para reducir el desperdicio de agua.
9. Creación de un departamento de agua no contabilizada, para el control de las fugas y tomas clandestinas.

En el análisis de la situación futura, el abastecimiento deja de ser intermitente, gracias a las mejoras efectuadas, en la mayor parte de la zona de estudio.

El modelo matemático obtenido se somete a una serie de hipótesis de funcionamiento para poder observar el comportamiento de las magnitudes hidráulicas en todo el sistema. En concreto, se va a proceder a la simulación y comprobación del funcionamiento hidráulico en hipótesis de caudal medio y también en hipótesis extremas (caudales máximos y mínimos).

	<p style="text-align: center;">PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO</p> <p style="text-align: center;">ANEXO N° 7: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA</p>	<p style="text-align: right;">Pág. 48</p>
---	---	---

Como es lógico en un modelo teórico, el estudio hidráulico de la red se va a centrar en las grandes infraestructuras, como son los depósitos, las redes de transporte y las redes principales de distribución.

Se analizará la respuesta del sistema ante las situaciones más desfavorables estudiando los rangos de presiones, caudales, pérdidas de carga y velocidad bajo los que trabaja la red. Las hipótesis de cálculo son:

- Hipótesis de caudal nocturno. Cuando el caudal es mínimo se dan las mayores presiones posibles en la red, puesto que las pérdidas de carga en las tuberías son las mínimas.
- Hipótesis de caudal medio. Se utiliza para simular el funcionamiento normal de la red.
- Hipótesis de caudal punta. Se simula el comportamiento de la red en los momentos de máximo consumo.

5.1. Cálculo de la demanda futura

El cálculo de la demanda futura se ha realizado en base a la prognosis de población, que estimaba una población en el año 2025 de 36659 habitantes (ver **Anexo n° 2: "Crecimiento demográfico y Planeamiento urbanístico"**).

Se asigna una dotación de 230 l/hab·día correspondiente a un municipio de clima cálido y clase socioeconómica media, de acuerdo con las recomendaciones de la CONAGUA². Esto supone un consumo total de 8,431.57 m³/día, y un caudal medio de 351 m³/h. Se estiman unas pérdidas del 25 % con lo que el consumo medio horario aumenta hasta 439 m³/h.

La dotación así calculada se ha repartido de forma homogénea entre los nudos del modelo matemático. Los consumos por sector se resumen en la siguiente tabla.

² Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del mes de diciembre de 2007

Tabla n° 3. Consumos medios por sector

Sector	Consumo asignado (m ³ /h)	Caudal pozos del sector (m ³ /h)	Relación caudal entrante/caudal consumido
NORTE	136,25	145,49	0,94
SUR	34,85	31,86	1,09
CENTRO	165,74	329,41	0,50
OESTE	102,30	108,00	0,95
TOTAL	439,14	614,76	0,71

Fuente: Wasser Hidroingeniería de México, S.A. de C.V.

5.2. Comportamiento del sistema

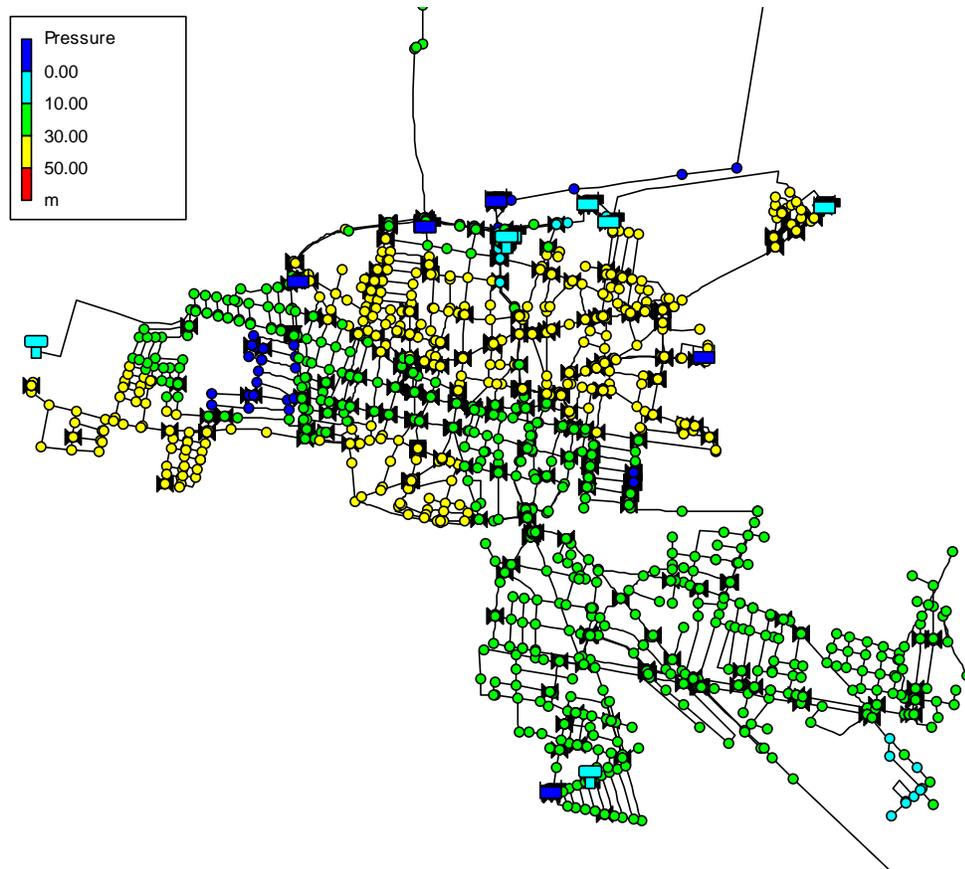
Tras la implementación de las mejoras propuestas, el comportamiento hidráulico de la red de abastecimiento mejora notablemente. A continuación se muestran los resultados de las simulaciones realizadas bajo las diferentes hipótesis.

5.2.1. Hipótesis de caudal mínimo

El caudal mínimo corresponde con el caudal de fugas. Bajo esta hipótesis las presiones en la red son máximas y debemos comprobar que no excedan los valores recomendados.

Como se aprecia en la siguiente figura la red está sometida a presiones dentro de los rangos recomendados. En el sector norte y oeste son mayores de 30 m.c.a, pero en ningún caso superan los 50 m.c.a.

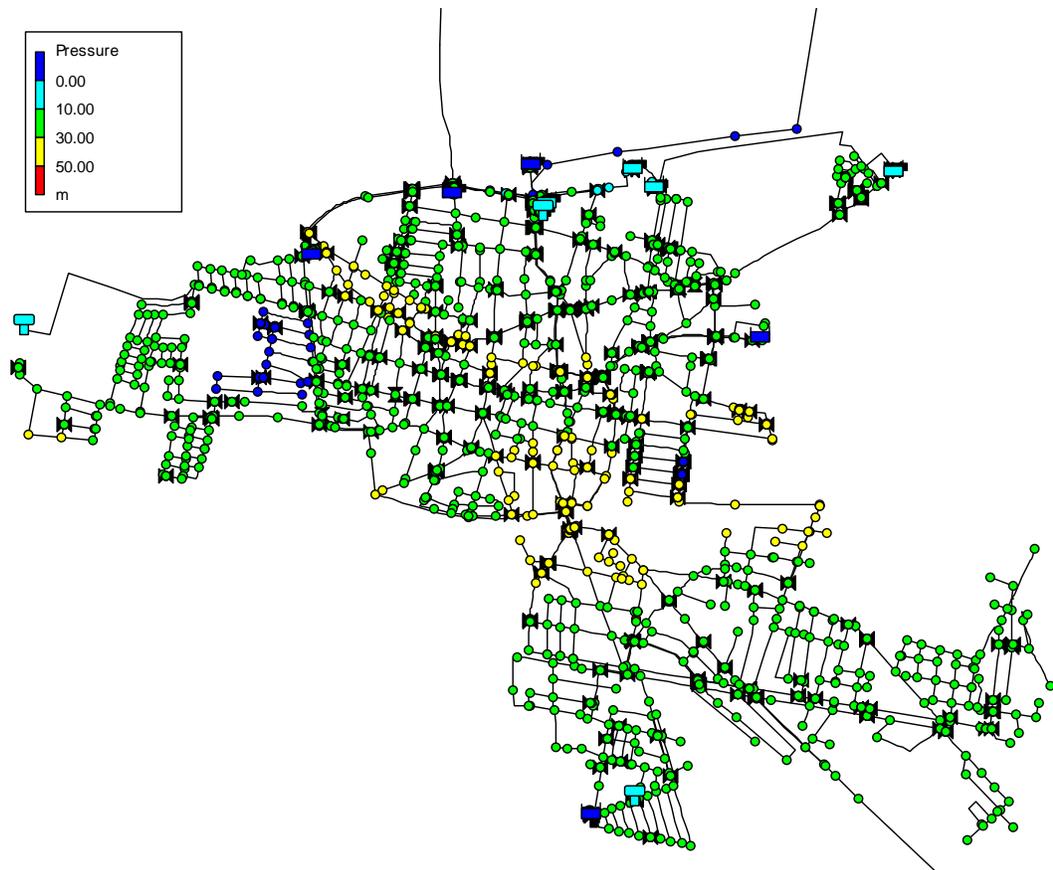
Figura n° 34. Presiones en la red - Hipótesis de caudal mínimo



5.2.2. Hipótesis de caudal medio

Bajo esta hipótesis se estudia el comportamiento ordinario de la red. Como se aprecia en el mapa de isóneas, las presiones en la mayor parte de la red están comprendidas entre los 10 y los 30 m.c.a.

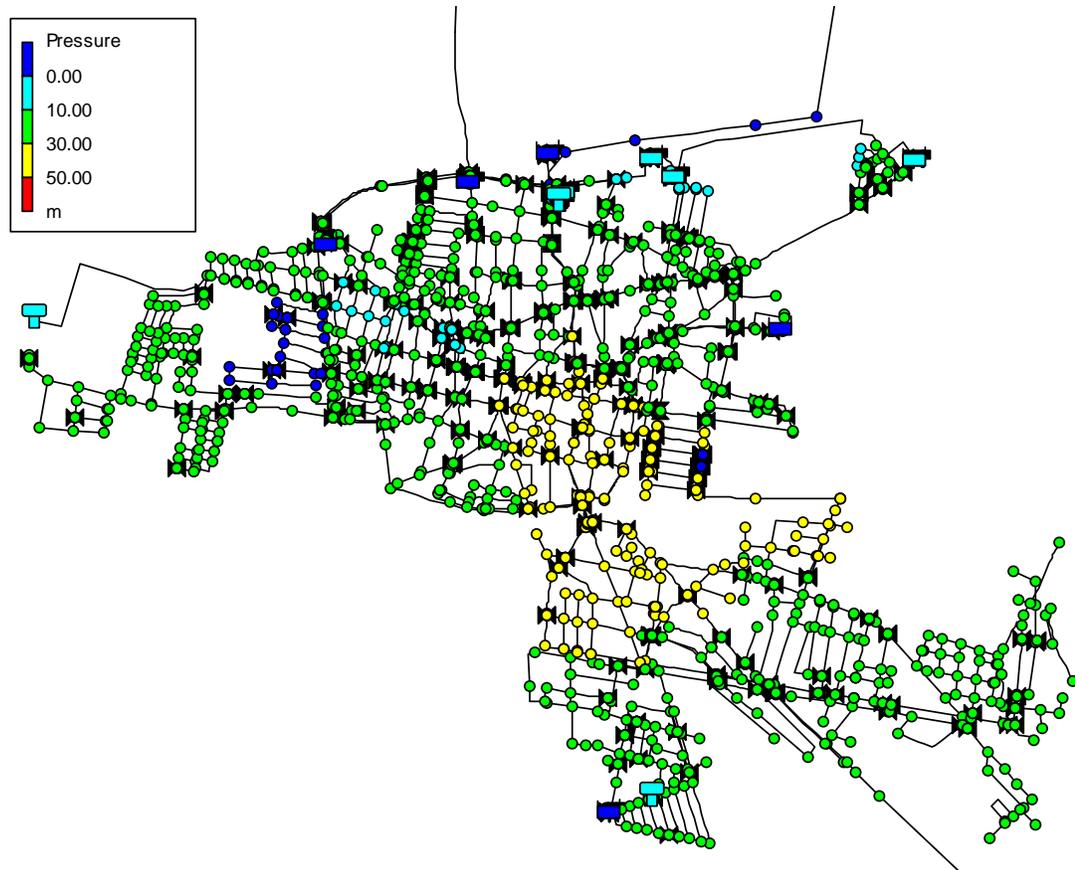
Figura n° 35. Presiones en la red - Hipótesis de caudal medio



5.2.3. Hipótesis de caudal punta

De acuerdo con las recomendaciones de la CONAGUA, se ha considerado un coeficiente punta de 1.55. Bajo la hipótesis de caudal punta se producen las presiones más bajas en la red. Como se aprecia en el gráfico de isolíneas, las presiones en la red han bajado en los sectores centro y norte, pero se encuentran dentro del rango recomendado, entre 10 y 30 m.c.a. en el sector centro las presiones se mantienen dentro del rango adecuado gracias a la regulación impuesta en el sistema de bombeo.

Figura n° 36. Presiones en la red - Hipótesis de caudal punta



5.3. Conclusiones

Como puede observarse si se comparan los resultados del modelo matemático en las situaciones actual y futura, el funcionamiento del sistema de agua potable del municipio mejora notablemente tras la implementación de las mejoras propuestas. Como puede observarse en las figuras anteriores no se produce desabastecimiento en ninguna zona, incluso teniendo en cuenta la situación más desfavorable, la hipótesis a caudal punta.



PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA
CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO

Portada

PLANOS

	PROYECTO DE SECTORIZACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE DE LA CABECERA MUNICIPAL DE AMECA, JALISCO	Índice
---	--	--------

Índice de planos

Plano n° 1: Índice y situación general

Plano n° 2: Planta general del sistema

Plano n° 3: Distribución de diámetros de la red

Plano n° 4: Campaña de mediciones de parámetros hidráulicos

Plano n° 5: Sectorización de la red – Fase I

Plano n° 6: Mejoras propuestas – Fase I

Plano n° 7: Sectorización de la red – Fase II

Plano n° 8: Mejoras propuestas – Fase II