



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

---

FACULTAD DE GEOGRAFÍA

**SISTEMA DE CONSULTA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE  
EN LA LOCALIDAD DE SAN JUAN DE LAS HUERTAS,  
ZINACANTEPEC, MÉXICO**

**REPORTE FINAL**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
**ESPECIALISTA EN CARTOGRAFÍA AUTOMATIZADA,  
TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
GEOGRÁFICA**

P R E S E N T A:

**LIC EN G. ADRIANA AVILES MEDINA**

ASESOR:

M. EN C.A. LEONARDO ALFONSO RAMOS CORONA



TOLUCA, MÉXICO;

ENERO DE 2016



## Contenido

Introducción .....	4
Planteamiento del Problema .....	5
Justificación.....	6
Objetivos .....	7
General .....	7
Particulares.....	7
Capítulo 1. Marco Teórico .....	8
1.1.    Sistemas de información.....	9
1.1.1.    Sistemas de Información Geográfica.....	10
1.2.    Suministro de agua potable .....	14
1.2.1.    Sustento Legal.....	14
1.2.2.    Red de suministro de agua potable.....	16
1.2.3.    Tarifas en el servicio de agua potable.....	19
1.3.    Antecedentes.....	20
Capítulo 2. Caracterización del área de estudio.....	23
2.1.    Ubicación geográfica .....	24
2.2.    Medio físico.....	25
2.3.    Medio socioeconómico .....	25
2.3.1.    Población .....	25
2.3.2.    Vivienda .....	26
2.3.3.    Economía.....	27
2.4.    Estado actual del servicio de agua potable .....	27
Capítulo 3. Metodología .....	29
3.1.    Cuadro metodológico.....	30
3.2.    Procedimientos.....	31
3.2.1.    Recopilación de insumos.....	31
3.2.2.    Estructuración de la base de datos .....	32
3.2.3.    Diseño y desarrollo .....	34



Capítulo 4. Resultados .....	41
4.1    Conclusiones.....	46
4.2    Recomendaciones.....	47
Trabajos citados .....	48

## Índice de figuras

FIGURA 1. COMPONENTES DE UN SIG.....	11
FIGURA 2. DIAGRAMA DE UN SIG.....	13
FIGURA 3. RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE .....	17
FIGURA 4. ANTECEDENTES.....	21
FIGURA 5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	24
FIGURA 6. POBLACIÓN .....	26
FIGURA 7. PORCENTAJE DE VIVIENDAS CON Y SIN SERVICIO DE AGUA.....	26
FIGURA 8. CAPTACIÓN DE AGUA POR SEGUNDO.....	28
FIGURA 9. CUADRO METODOLÓGICO .....	30
FIGURA 10. TABLA ORIGINAL.....	32
FIGURA 11. RELACIÓN DE BASE DE DATOS .....	33
FIGURA 12. EDICIÓN EN .ASPX.....	34
FIGURA 13. DISEÑO DE PLANTILLA DE INICIO .....	35
FIGURA 14. DISEÑO DE PLANTILLA DE ADMINISTRADOR Y CARTOGRAFÍA .....	35
FIGURA 15. DISEÑO DE PLANTILLA DE USUARIO.....	36
FIGURA 16. DISEÑO Y CÓDIGO DE ESTILOS EN .ASPX.....	36
FIGURA 17. CREACIÓN DE BD EN ARCCATALOG .....	37
FIGURA 18. CONEXIÓN DEL SERVIDOR Y BD EN SQLSERVER .....	38
FIGURA 19. ESTRUCTURA DEL CÓDIGO.....	39
FIGURA 20. CÓDIGO DEL API DE GOOGLE MAPS .....	40
FIGURA 21. PANTALLA DE INICIO, ACCESO COMO USUARIO .....	43
FIGURA 22. PANTALLA DEL USUARIO .....	44
FIGURA 23. PANTALLA DE INICIO, ACCESO COMO ADMINISTRADOR.....	44
FIGURA 24. PANTALLA DE ADMINISTRADOR.....	45



## Introducción

La disponibilidad de agua en cuanto a acceso es un derecho universal, y al mismo tiempo uno de los conflictos al que nos enfrentamos en la actualidad, es un tema de clase mundial que debe ser atendido. Es evidente que la distribución del agua no será la misma para todos, esto dependerá de las condiciones geográficas de determinado lugar.

Por otra parte el suministro de agua generalmente tiene un enfoque administrativo en el cual un comité es el encargado de hacer llegar a los hogares el recurso hídrico, por medio de una infraestructura hidráulica. Para ello es necesario el aporte económico de los usuarios con el fin de que el servicio sea eficiente, sin embargo existen problemas en cuanto a adeudos por el servicio que generan más adeudos, así como conflictos entre los representantes del comité y población.

Es por ello que en este escrito se hace una primera aproximación al Sistema de Consulta del servicio de agua potable en la localidad de San Juan de las Huertas, con el fin de optimizar el control de la información de pagos y adeudos por dicho servicio.

El presente documento se divide en tres capítulos, el primero de ellos hace referencia al marco teórico en el cual se hace una recopilación por un lado del origen de los sistemas de información geográfica y por otro de las condiciones de un sistema de infraestructura hidráulica, para ello se hace un enfoque a dos Normas Oficiales Mexicanas en las que se hace hincapié en la calidad del agua y del servicio, así como los materiales ocupados para su distribución; y por otro a una Norma Mexicana que no es de carácter obligatorio pero hace referencia a las tarifas. Finalmente se busca la integración de ambos temas a través de antecedentes que permitan conocer que se ha hecho en este rubro.

En un segundo apartado se hace referencia a la metodología en la cual se desarrollan el proceso para la elaboración del proyecto el cual se divide en búsqueda de insumos, desarrollo y diseño y la implementación de la base de datos.

Mucho se habla del derecho *per cápita* del acceso al agua, en este sentido, la OMS menciona que *se requieren entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para cubrir la mayoría de las necesidades básicas y evitar la mayor parte de los problemas de salud. El acceso a 20-25 litros por persona al día representa el mínimo, pero esta cantidad suscita preocupaciones sanitarias, porque no basta para cubrir las necesidades básicas de higiene y consumo.*



## Planteamiento del Problema

En los últimos años ha sido común escuchar múltiples problemas tanto físicos como sociales en cuanto al recurso agua. *En cifras, la mayor parte del agua de la Tierra es salada: 97.5% es agua de mares y océanos. El restante 2.5% es agua dulce, pero casi toda esta congelada en los polos y en los glaciares. Del agua dulce, 69.7% es agua congelada, 30% es subterránea y en los ríos y lagos hay sólo 0.3%* (Centro Virtual de Información del Agua, 2004).

Algunas investigaciones han demostrado que *la disponibilidad de agua per cápita ha disminuido en los últimos años, lo que en 1989 eran 9m<sup>3</sup> de agua per cápita al año, para 2025 se estima serán de 5.100 m<sup>3</sup> per cápita* (Centro Virtual de Información del Agua, 2004); los cuales no serán distribuidos de manera uniforme, pues mucho interfiere el factor geográfico, por ejemplo México, quien está considerado como un país con baja disponibilidad del recurso.

Por otra parte está involucrado el sistema de suministro de agua potable, que se distribuye a partir de una escala local, y es administrado generalmente por ayuntamientos o comités independientes. Tal es el caso de la localidad de San Juan de las Huertas, quien cuenta con un Comité de Agua Potable, en el cual constantemente existen problemas administrativos originados por la falta de recursos económicos, y por lo tanto de un servicio deficiente.

Si bien es cierto, el acceso al agua es un derecho universal, sin embargo para que el servicio llegue a los hogares, es necesaria una gran infraestructura hidráulica que requiere una gran inversión para su desarrollo y mantenimiento, y que en este caso para llevarse a cabo es necesaria la cooperación económica de los usuarios, quienes muchas veces no cumplen con su parte, pues hay quienes tienen adeudo del servicio por años, y quienes han cumplido con su pago, estos últimos siendo los más afectados al pagar por un servicio de baja calidad.

El rol del comité de agua potable en este aspecto, consiste (además del área administrativa) en identificar las zonas con mayor problemática de adeudo, sin embargo solo están detectadas de manera empírica, lo que es un problema en la toma de decisiones al momento, por ejemplo, de suspender el servicio de un área en donde son mínimos los usuarios que pagan y que serán afectados.



## Justificación

El uso de las geotecnologías es una alternativa para manejar y manipular datos espaciales que ayuden en la toma de decisiones, una de las geotecnologías sobresalientes en los últimos tiempos son los Sistemas de Información Geográfica, que *permiten realizar análisis complejos de la realidad espacial rápidamente que supone una ventaja no sólo cualitativa sino también cuantitativa en la búsqueda de soluciones geográficas sea cual sea el contexto sobre el que se apliquen* (Confederación de Empresarios de Andalucía, 2010); y que en este sentido puede aplicarse a la problemática planteada.

La propuesta consiste en generar un *sistema de consulta del servicio de agua potable en la localidad de San Juan de las Huertas, Zinacantepec, México* que permita visualizar y consultar el estatus de pagos y adeudos al servicio de agua potable en el área de estudio, además de información cartográfica de la red hidráulica: pozo, depósitos de agua, válvulas de control y tomas de agua (registradas por el comité de agua potable). Considerando las siguientes características:

Dicho sistema de consulta tendrá dos tipos de usuarios, uno a través de un código cerrado o de administrador manipulado por el comité del agua potable, quién podrá identificar de manera concreta cómo es el comportamiento de los pagos y adeudos por cada usuario, además de la identificación del domicilio, válvula y toma que le corresponde; por otra parte tendrá la oportunidad de ubicar espacialmente cada uno de los elementos de la infraestructura hidráulica como una herramienta en la toma de decisiones.

El segundo usuario o el titular de la toma de agua, quién a través de una página web de código abierto, podrá consultar información general respecto a su toma, como el número de contrato, la válvula a la que corresponde, domicilio, nombre del usuario y su adeudo total.

El acceso en ambos casos será a través de una contraseña otorgada por el comité para el caso de los usuarios, y para el administrador se establecerá una contraseña única. En conjunto se permitirá un mayor control respecto al estatus de pagos y adeudos al servicio de agua potable en la localidad.



## Objetivos

### General

Desarrollar un sistema de consulta que permita la visualización y consulta del estatus de los pagos y adeudos al servicio de agua potable en la localidad de San Juan de las Huertas, municipio de Zinacantepec, Estado de México.

### Particulares

1. Recopilar información documental, cartográfica y estadística para fundamentar el marco teórico- metodológico del presente documento.
2. Generar y procesar la información cartográfica de la red hidráulica correspondiente al área de estudio, para identificar espacialmente su distribución.
3. Estructurar las bases de datos correspondientes a la información de la red hidráulica de la localidad de San Juan de las Huertas.
4. Diseñar y generar una interface que permita el acceso abierto y cerrado a la consulta y visualización del estatus pagos y adeudos al servicio de agua potable, así como de la información cartográfica del lugar del área de estudio, como una herramienta para toma de decisiones.

Capítulo

1

# Marco Teórico





## 1. Marco Teórico

A continuación se presenta una serie de conceptos cuyo objetivo es dar a conocer el sustento teórico de este proyecto, por un lado, el rol de la tecnología SIG y por otro el sistema de agua potable, para finalmente asociarlos y saber cómo ha sido su aplicación.

### 1.1. Sistemas de información

De acuerdo a la Real Academia Española, se entiende como sistema (*del lat. Tardío systēma, y este del gr. σύστημα sýstēma*) al conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí (2015), es decir, un conjunto ordenado de elementos que se interrelacionan, interactúan e incluso se complementan.

Uno de los sustentos teóricos más importantes entorno a los sistemas, es justamente la Teoría General de Sistemas (TGS) de *Ludwing von Bertalanffy* en la que se describe *un nivel de construcción teórico de modelos... y las teorías específicas de las disciplinas especializadas y que en los últimos años ha hecho sentir, cada vez más fuerte, la necesidad de un cuerpo sistemático de construcciones teóricas que pueda discutir, analizar y explicar las relaciones generales del mundo empírico* (Johansen Bertoglio, 2004).

En este sentido se habla de una teoría de teorías, en donde las partes no se comprenden de manera aislada, sino más bien buscan las interrelaciones de una manera sistemática u ordenada. A partir de ello han surgido tendencias que buscan la aplicación práctica de la TGS, quizá dentro de las más importantes se encuentra la cibernética que *explica los mecanismos de comunicación y control en las máquinas y los seres vivos que ayudan a comprender los comportamientos generados por esos sistemas que se caracterizan por sus propósitos, motivados a la búsqueda de algún objetivo, con capacidad de auto-organización y de auto-control* (Johansen Bertoglio, 2004).

Lo anterior hace referencia al uso de la tecnología como medio de información y organización de la misma, haciéndola parte de un sistema, que en términos familiares nos aterriza a los *sistemas de información (SI)* que de acuerdo a *Andrew, Richard y Valor (1996)* son el conjunto formal de procesos que, operando con un conjunto estructurado de datos estructurada de acuerdo con las necesidades de una empresa



*recopila, elabora y distribuye (parte de) la información necesaria para la operación de dicha empresa y para las actividades de dirección de control correspondientes, apoyando al menos en parte la toma de decisiones necesaria para desempeñar las funciones y procesos de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia (Fernández Alarcón, 2006).*

El mismo autor señala que los componentes de un SI son: propietarios, usuarios, diseñadores, constructores y analistas; los cuales se complementan con las tecnologías de la información o tecnologías informáticas (uso de hardware y software), así como tecnología de datos y de procesos (determinada principalmente por los lenguajes de programación, los sistemas operativos y otros sistemas de software).

En conclusión un Sistema de Información permitirá la administración, gestión y ordenación de los elementos dentro de una organización de tal manera que facilita la interacción entre los integrantes, sin embargo se limita a ser un sistema interno en el que solo aquellos que formen parte de él interactúan entre sí, dejando de lado componentes espaciales.

### 1.1.1. Sistemas de Información Geográfica

Con el apartado anterior se mencionó que la interrelación entre los elementos es importante para entender su comportamiento; por ejemplo la aplicación de los principios de *localización, causalidad, temporalidad, evolución* de la geografía, los cuales explican un hecho o fenómeno cada uno por su parte y en conjunto se obtiene una explicación del por qué sucedió.

Ahora se hablara de los sistemas de información geográfica (SIG), como una tecnología de la información, cuyo origen se relaciona con el desarrollo de la informática en los años 60 con *Roger Tomlinson –considerado el padre de los SIG- quien creó el CGIS, diseñado para identificar y explorar los recursos existentes en el territorio canadiense. También en esa década se empezaron a desarrollar, en la agencia del Censo de los Estados Unidos, algunas herramientas automatizadas mediante SIG, necesarias para realizar el Censo de Población de 1970 (Longley, 2005 citado por (Sitjar i Suñer, 2009)).*



A partir de entonces y con el desarrollo e innovación tecnológica, los SIG *siguieron una curva ascendente e imparable hasta la actualidad* (Sitjar i Suñer, 2009).

*Un SIG es un caso particular de SI en el que la información aparece georreferenciada es decir, incluye su posición en el espacio utilizando un sistema de coordenadas estandarizado resultado de una proyección cartográfica* (Alonso Sarría)

De acuerdo a INEGI, los SIG como el *conjunto de herramientas diseñadas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real.*

- *Datos.*
- *Conjunto de mapas, de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas (INEGI).*

*Según el Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis (NCGIA, por sus siglas en inglés), un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión* (Sitjar i Suñer, 2009). Este concepto permite identificar algunos de los componentes de un SIG, los cuales varían dependiendo el autor, sin embargo, en esencia son los mismos.

Sitjar i Suñer (2009) abaca a los componentes del SIG de la siguiente manera (ver *figura 1*):



Figura 1 Componentes de un SIG. Fuente: Sitjar i Suñer (2009)



El INEGI, considera como componentes al *personal, organización, información geográfica, normas, procedimientos y tecnologías, programas de cómputo y equipo*, sin embargo a diferencia de otros autores, Suñer agrega la web como un componente ya que, debido a la demanda tecnológica los sistemas en web han tenido gran difusión y por lo tanto ventajas para la distribución de la información geográfica, en donde cada componente cumple con una función para lograr un objetivo y para ello el mismo autor menciona que *podemos caracterizar las cinco funciones que con ellos podemos realizar: entrada de información, almacenamiento, salida o representación gráfica y cartográfica de la información, y gestión de la información espacial y funciones analíticas.*

- *Funciones para la entrada de información: son las que nos permiten la introducción, edición y visualización de datos geográficos.*
- *Funciones de almacenamiento: no implicará solamente al disco duro del ordenador, ya que a medida que vayamos desarrollando un SIG será necesario ir traspasando información a otros dispositivos, así como crear copias de seguridad. Capturada y almacenada la información geográfica, el siguiente paso a realizar será el de extraer de la base de datos del SIG las porciones de información espacial que interesan en cada momento.*
- *Funciones de gestión: permitir la independencia entre la organización física y lógica de los datos; es decir, la independencia entre la base de datos y los programas que la gestionan.*
- *Funciones de análisis espacial: se atribuyen a los datos geográficos al revelarnos cosas que de otra forma no conseguiríamos percibir. Conocer y comprender las operaciones espaciales es útil para planificar mejor y de forma más eficiente el trabajo con los SIG. Dichas funciones pueden clasificarse en cuatro grupos (Arnoff, 1989): recuperación, superposición, vecindad y conectividad.*

Retomando un esquema de INEGI, se representa de manera gráfica lo anterior, en donde a partir de la entrada de los datos se genera una base de datos, en la cual se pueden realizar consultas, sin embargo es necesario tener en cuenta que la información almacenada debe tener un mantenimiento, transformación y si es necesario constantes actualizaciones (haciendo referencia a las funciones de



almacenamiento antes descritas) para finalmente generar datos de salida que sirvan en la toma de decisiones:

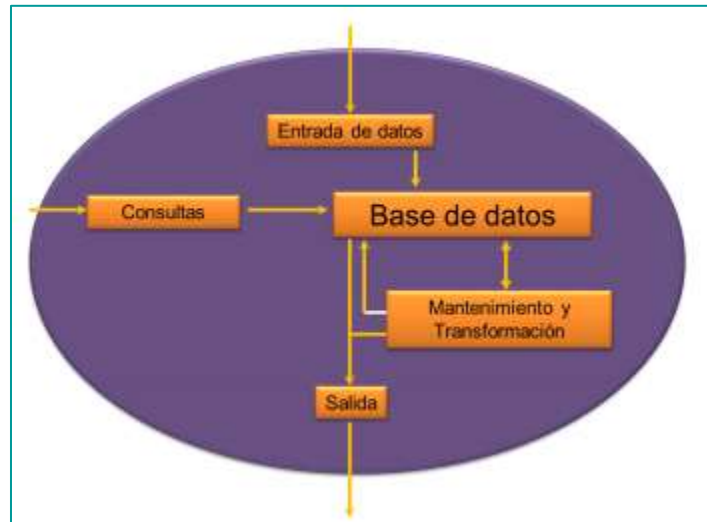


Figura 2 Diagrama de un SIG. Fuente INEGI

El uso de los SIG no implica perfección, aún hay mucho trabajo por realizar sin embargo, su importancia radica en la integración de la información espacial y no espacial, permitiendo el análisis de los datos a través de un marco consistente de una manera práctica para su manipulación y despliegue.

Ahora los SIG permiten la visualización y análisis de la información con el uso de la tecnología, aunque cabe mencionar que no todos los SIG son iguales, a su vez estos se dividen en subsistemas que se caracterizan de acuerdo a su funcionalidad por ejemplo los sistemas de consulta, que además de la visualización de la información espacial, permiten la interacción de los datos a través de la consulta de los mismos, aunque existen algunos más complejos como las IDE (Infraestructura de datos espaciales) que almacenan gran cantidad de información, incluyendo la manipulación, interacción y descarga de los mismos.

*La tecnología SIG, se está convirtiendo en una herramienta habitual de nuestro mundo, demostrando su eficacia en numerosas aplicaciones de gestión de recursos, análisis de alternativas, herramientas de soporte para la toma de decisiones y planes de actuación frente a diversidad de situaciones (Sitjar i Suñer, 2009).*



## 1.2. Suministro de agua potable

A continuación se hablará del suministro de agua potable, desde los conceptos básicos y su sustento legal, así como su demanda.

De acuerdo al derecho de agua, se dice que *el suministro de agua para cada persona debe ser continuado y suficiente para cubrir los usos personales y domésticos, que comprenden el consumo, el lavado de ropas la preparación de alimentos y la higiene personal y doméstica. Además de ser salubre y aceptable y los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento deben ser físicamente accesibles y estar al alcance de todos los sectores de la población* (Naciones Unidas Derechos Humanos, ONU, OMS, 2011).

### 1.2.1. Sustento Legal

El acceso al agua potable es esencial para llevar una vida digna y de respeto por los derechos humanos. Sin embargo, millones de personas siguen sin disfrutar de estos derechos fundamentales.

Considerando la situación de desigualdad en el abastecimiento de agua potable, *la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, celebrada en Mar del Plata (Argentina) en 1997, en su Plan de Acción afirmó que todos los pueblos, cuales quiera que sean su etapa de desarrollo y sus condiciones económicas y sociales, tienen derecho al agua potable en cantidad y calidad acordes con sus necesidades básicas* (Naciones Unidas Derechos Humanos, ONU, OMS, 2011).

En Noviembre de 2002 fue reconocido de forma explícita como un derecho humano fundamental; *en su Comentario General N.º 15 sobre el cumplimiento de los artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, el Comité hizo notar que "el derecho humano al agua es indispensable para llevar una vida en dignidad humana"* (Centro virtual de información del Agua).

Para cuestiones de uso, calidad y abastecimiento en México existe el PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY NOM-250-SSA1-2014, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE LA CALIDAD DEL AGUA Y REQUISITOS SANITARIOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS SISTEMAS DE



ABASTECIMIENTO DE AGUA PÚBLICOS Y PRIVADOS, SU CONTROL Y VIGILANCIA. PROCEDIMIENTO SANITARIO DE MUESTREO, cuyo objetivo es (SEGOB, 2014):

- *Establecer los requisitos sanitarios que deben cumplir las instalaciones hidráulicas de los sistemas de abastecimiento de agua.*
- *Establecer el procedimiento que deben seguir los responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, para implementar un Programa Interno de Evaluación y Manejo del Agua que asegure el control de los parámetros y puntos del sistema, considerados como factor de riesgo para la población.*
- *Establecer los límites máximos permisibles de la calidad del agua para uso y consumo humano.*
- *Establecer las guías de procesos para la potabilización del agua.*
- *Establecer el procedimiento sanitario de muestreo.*

En cuanto al abastecimiento, existe la Norma Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011 SISTEMAS DE AGUA POTABLE, TOMA DOMICILIARIA Y ALCANTARILLADO SANITARIO- HERMETICIDAD- ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA cuyos objetivos es (SEGOB, 2012):

- *Establecer las especificaciones mínimas de desempeño para los productos que integran los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario, para asegurar la hermeticidad de éstos a largo plazo.*
- *Establecer las condiciones y métodos de prueba para asegurar una instalación hermética de los productos que integran los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario.*
- *Establecer las condiciones de operación y mantenimiento para garantizar una vida útil suficiente de los sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario.*

Y finalmente, en cuanto a tarifas, existe la NORMA MEXICANA NMX-AA-147-SCFI-2008, SERVICIOS DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y SANEAMIENTO – TARIFA – METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA TARIFA, que tiene por objetivo (CONAGUA, 2008):



- *Establecer la metodología para evaluar la idoneidad de las tarifas de agua potable, drenaje y saneamiento para garantizar la sustentabilidad del recurso y la viabilidad financiera y operativa del servicio público.*
- *Aplica en todo el territorio nacional a todos los involucrados en materias relativas a la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y saneamiento.*

### 1.2.2. Red de suministro de agua potable

El abastecimiento de agua potable se lleva a cabo a través de una red de distribución, la cual es el *conjunto de tuberías y estructura que conducen el agua desde tanques de servicio o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. Su finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo doméstico, público, comercial, industrial y para condiciones extraordinarias* (CONAGUA, 2007).

La CONAGUA describe en el Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (2007) que *la red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad suficiente, con la calidad requerida y a una presión adecuada* como se establece en el PROY NOM-250-SSA1-2014 y NOM-001-CONAGUA-2011.

El manual señala que existe un esquema de distribución para el suministro de agua en tomas domiciliarias que puede ser: *cerrada, abierta o combinada*.

Cuando una red es cerrada (o tiene forma de malla), sus tuberías forman al menos un circuito, este es un conjunto de tuberías conectadas en forma de polígono donde el agua que parte de un punto puede volver al mismo después de fluir por las tuberías que lo componen. Cuando es abierta, se compone por tuberías que se ramifican sin formar circuitos. Esta configuración de la red se utiliza cuando la planimetría y la topografía son irregulares. De acuerdo a las características del área pueden emplearse un esquema combinado, es decir, de tipo cerrado y abierto a la vez.

Por otra parte, la forma de distribución debe adaptarse a las condiciones del área, y puede ser:

- Por gravedad: el agua de la fuente se conduce o bombea hasta un tanque elevado desde el cual fluye por gravedad hacia la población.





- Por bombeo: el cual puede ser directo a la red, sin almacenamiento o bombeo directo a la red, con excedencias a tanques de regulación
- Distribución mixta: parte del consumo de la red se suministra por bombeo con excedencias a un tanque del cual a su vez se abastece el resto de la red por gravedad

En la figura 3 se muestran los componentes que hacen posible el abastecimiento de agua potable:

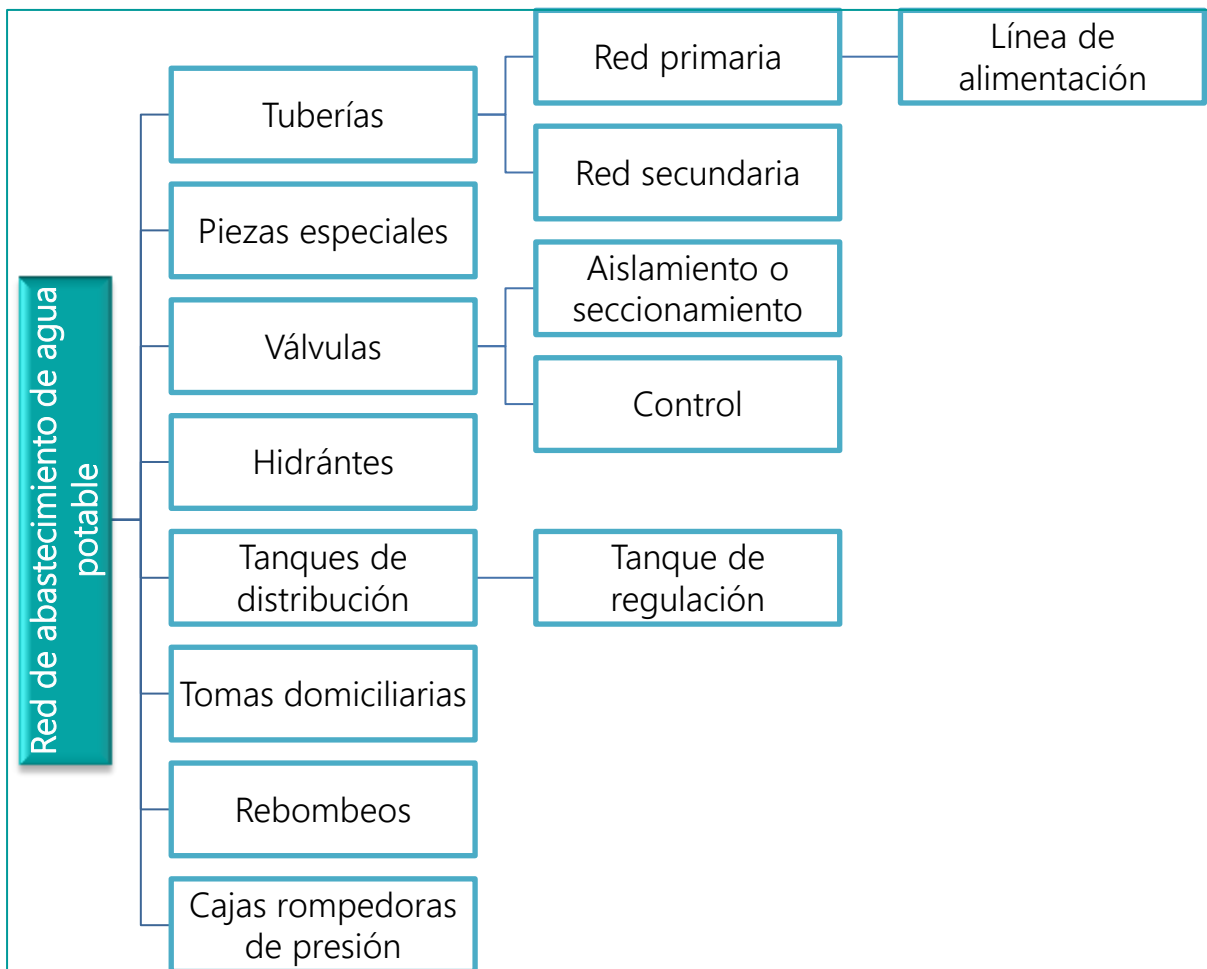


Figura 3. Red de abastecimiento de agua potable. Fuente elaboración propia con base en CONAGUA: Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (2007)



Tuberías: conjunto formado por los tubos (conductos de sección circular) y su sistema de unión o ensamble. La red de distribución está formada por un conjunto de tuberías que se unen en diversos puntos denominados nudos o uniones, que de acuerdo a su función, puede ser primaria o secundaria.

A la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia su distribución se le conoce como línea de alimentación, y se considera parte de la red primaria.

Piezas especiales: aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tuberías de diferente material o diámetro, y terminales de los conductos, entre otros.

Válvulas: Son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en las tuberías. Pueden ser clasificadas de acuerdo a su función en dos categorías:

- Aislamiento o seccionamiento: utilizadas para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tuberías, bombas y dispositivos de control con el fin de revisarlos o repararlos
- Control: usadas para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema.

Hidrantes: toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante público) o conectar una manguera o una bomba destinados a proveer agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).

Tanques de distribución: depósito situado generalmente entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o simplemente prever fallas en el suministro, aunque algunos tanques suelen realizar ambas funciones.

Tomas domiciliarias: conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor.



Rebombeos: instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución. Tienen el objetivo de elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación para mantener la circulación del agua en las tuberías.

Cajas rompedoras de presión: Son depósitos con superficie libre del agua y volumen relativamente pequeño, cuya función es permitir que el flujo de la tubería se descargue en ésta, eliminando de esta forma la presión hidrostática y estableciendo un nuevo nivel estático aguas abajo.

### 1.2.3. Tarifas en el servicio de agua potable

En el apartado anterior se mencionaron los procesos y componentes necesarios para distribuir el agua potable en tomas domiciliarias, esto es considerado un servicio público, el cual se lleva a cabo gracias a las tarifas de pago del servicio de agua potable.

*Las tarifas de agua potable son fijadas de diferente manera en cada municipio, dependiendo de lo que establece la legislación de cada entidad federativa. En algunas de ellas, las tarifas son aprobadas por el congreso local de la entidad, mientras que en otras las aprueba el órgano de gobierno o consejo directivo del organismo operador de agua potable del municipio o localidad o de la comisión estatal de aguas (CONAGUA, 2014).*

La regulación de tarifas se establece a partir de la NMX-AA-147-SCFI-2008, cabe mencionar que el objetivo de las tarifas es *recuperar los costos incurridos por el servicio de agua potable y se establece en función de los tipos de usuarios (domésticos, comerciales e industriales, entre otros), así como por algún mecanismo de redistribución de costos mediante subsidios cruzados, en que los usuarios marginados son afectados por tarifas menores que aquellos considerados como no marginados (CONAGUA, 2014).* Por otra parte existen las estructuras tarifarias, por un lado se considera que 'a mayor consumo de agua, mayor precio por metro cúbico', y por otro la cuota fija, es decir, cuando el usuario paga una cierta cantidad independientemente de lo que haya consumido.



### 1.3. Antecedentes

En los apartados anteriores se habló por un lado de los Sistemas de Información Geográfica y por otro del suministro de agua potable, con ello, ahora es posible asociar ambas temáticas, pues muchos son los trabajos que se han aplicado a nivel internacional, nacional, regional y local respecto a ella.

A menudo se encuentran Sistemas o subsistemas de información geográfica entorno a la temática del agua, por ejemplo a nivel internacional existen entre muchos otros el *Geoportal* del Ministerio de transporte de obras públicas de Uruguay, en el que es posible visualización y descarga de información espacial de servicios públicos; o el *Sistema de Información del agua* por parte de la Agencia Vasca del Agua en el que se muestra un listado de capas con información del estado del agua; o el de Hispagua Sistema Español de Información sobre el agua, SIA un visor geográfico que permite el acceso a información integrada del agua.

En México también existen sistemas de información en web en torno al tema, sin embargo pocos son los que integran la variable espacial, pues la en su mayoría se enfocan a fines administrativos como consumo y tarifas como lo muestra Tapia Jiménez & Maya Núñez (2011), en su recopilación de antecedentes (*ver figura 4*).

Antecedentes de sistemas web de gestión de agua potable

Sistema:	Descripción:	Año:
 <p><b>AGUAKAN</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresa concesionada para el suministro del agua potable y el alcantarillado en Cancún, Quintana Roo.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <a href="http://www.aguakan.com">http://www.aguakan.com</a></li> </ul> </li> </ul>	2008
 <p><b>APAS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organismo Público Descentralizado para la prestación de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Metepec.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <a href="http://www.apasmetepec.gob.mx">http://www.apasmetepec.gob.mx</a></li> </ul> </li> </ul>	2012
 <p><b>CESPT</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana, B. C.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <a href="http://www.cespt.gob.mx/">http://www.cespt.gob.mx/</a></li> </ul> </li> </ul>	2010
 <p><b>Comisión del Agua del Estado de México - GEM</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portal de Gobierno que proporciona información acerca del drenaje, saneamiento, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales que presta el Organismo Público Descentralizado del municipio de Zinacantepec.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <a href="http://qacontent.edomex.gob.mx/caem/tramitesyservicios/tarifas/tarifas_vigentes/index.htm">http://qacontent.edomex.gob.mx/caem/tramitesyservicios/tarifas/tarifas_vigentes/index.htm</a></li> </ul> </li> </ul>	2012



	<b>OOAPAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organismo Operador de Tres Marias Sistema Comercial: Morelia, Michoacán Para los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario, saneamiento y manejo de aguas pluviales.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.ooapas.gob.mx/oospas_web/inicio.php">http://www.ooapas.gob.mx/oospas_web/inicio.php</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2010</b>
	<b>OOMAPAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operador de Cd. Obregón, Sonora                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.oomapasc.gob.mx/portal/index/">http://www.oomapasc.gob.mx/portal/index/</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2008</b>
	<b>O.P.D.M.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Operagua de México para el abastecimiento de agua potable a través del Sistema Cutzamala                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.izcalliooperagua.gob.mx">http://www.izcalliooperagua.gob.mx</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2009</b>
	<b>Portal de Gobierno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pago del servicio de agua potable y servicios para celular Yucatán                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.yucatan.gob.mx/servicios/tramites">http://www.yucatan.gob.mx/servicios/tramites</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2010</b>
	<b>SADM</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey IP.D. Sistema de Información Ejecutiva (indicadores de gestión)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/">http://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2011</b>
	<b>SAPAC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de Agua Potable y alcantarillado de Cuernavaca Se institucionalizó por el decreto número 352 de fecha 8 de noviembre de 1995                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.sapac.gob.mx/">http://www.sapac.gob.mx/</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2012</b>
	<b>SAPAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León Construyó un inventario completo de su sistema de agua, incluidos los accesorios, tuberías y bombas.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.sapal.gob.mx/">http://www.sapal.gob.mx/</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2010</b>
	<b>SAPAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de agua potable y alcantarillado de Silao: Guanajuato Contrato de agua potable, drenaje sanitario, tratamiento de aguas residuales, conexiones de agua potable. Servicios administrativos para usuarios. Servicios operativos                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.silao@silao.gob.mx">http://www.silao@silao.gob.mx</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2009</b>
	<b>SIAPA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema Intermunicipal para los servicios de agua potable y alcantarillado: Guadalajara Dotar los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en cantidad y calidad suficiente a los habitantes de la ZMG                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.siapa.gob.mx/">http://www.siapa.gob.mx/</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2012</b>
	<b>SOAPAP</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Puebla                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="http://www.soapap.gob.mx/">http://www.soapap.gob.mx/</a></li> </ul> </li> </ul>	<b>2012</b>

Figura 4. Antecedentes. Fuente Tapia Jiménez & Maya Núñez (2011),



Una aplicación de tipo local fue la de Tapia Jiménez & Maya Núñez (2011), quienes en su “Sistema de visualización y consulta para la gestión del suministro del servicio de agua potable. Caso de estudio: Colonia Morelos, Zinacantepec, Edo. Méx” diseñan y desarrollan un sistema de visualización y consulta de información geográfica para la gestión del suministro de agua potable, para análisis de coberturas, registro de usuarios y el inventario de la red hidráulica del área de estudio, es decir se considera primordial la componente espacial para la representación de la información.

Capítulo

# 2

## Caracterización del área de estudio



## 2. Caracterización del área de estudio

La importancia de integrar información espacial de tipo física, social y económica, permite generar una interpretación holística referente al área de estudio.

### 2.1 Ubicación geográfica

La localidad de San Juan de las Huertas se localiza al noreste del municipio de Zinacantepec, Estado de México. Sus coordenadas geográficas extremas son: 19°14'9.2" y 19°15'30.44" en latitud Norte y en longitud Oeste 99°44'53.186 y 99°45'59.266". Limita al norte y oeste con la Localidad de San Cristóbal Tecolotit, al Sur con la Localidad Ojo de Agua y al este con la Colonia Morelos. (Ver figura 5)

San Juan de las Huertas es una localidad urbana que comprende una extensión territorial de 2.300 km<sup>2</sup>, en una altura media de 2861 msnm, según datos del INEGI.

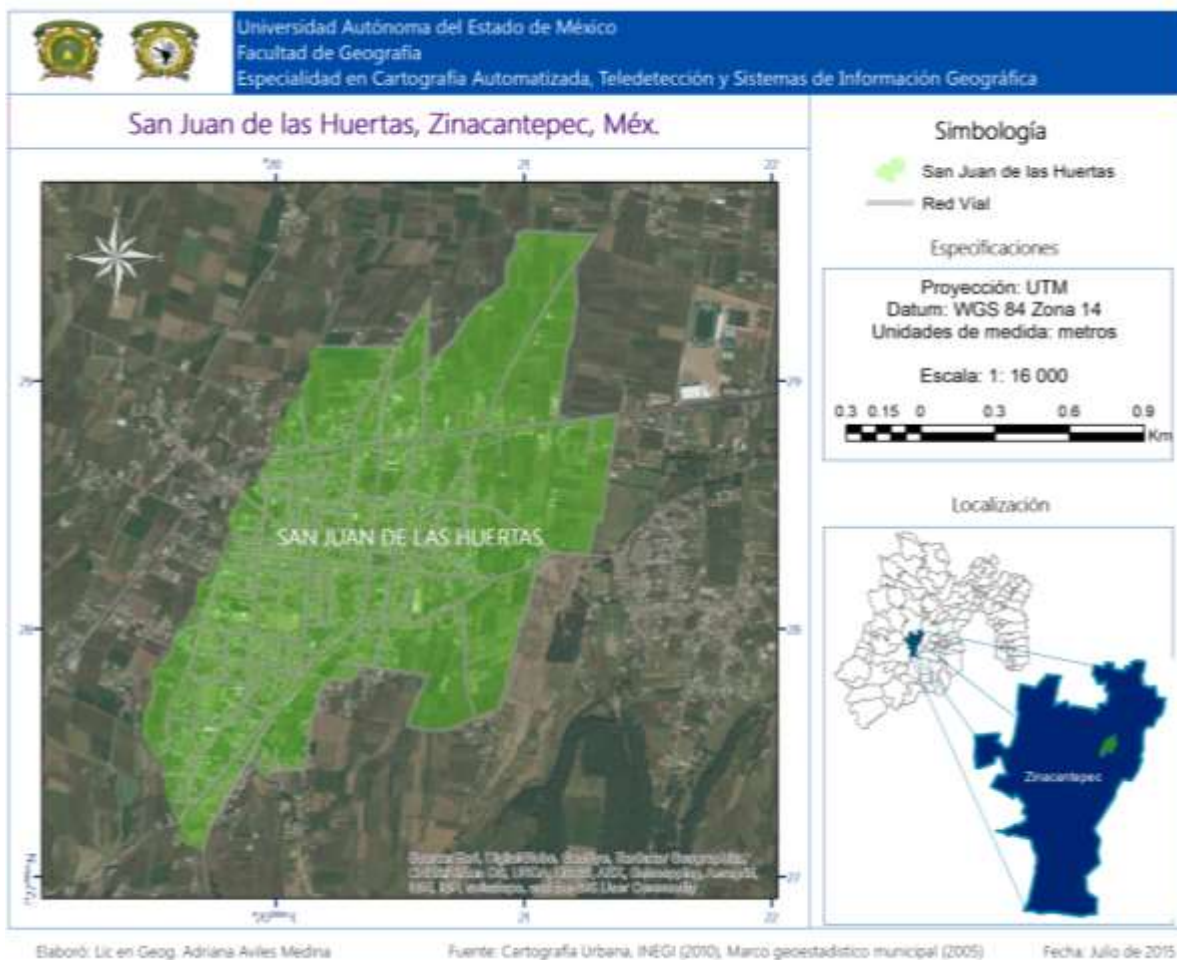


Figura 5 Localización del área de estudio





## 2.2 Medio físico

De acuerdo a los datos del Mapa Digital de México (INEGI) en la localidad como en el resto del municipio predomina el clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w2)(w)b(i'); la temperatura media anual oscila entre los 11° y 16° C.

La localidad se encuentra cimentada sobre suelos *Phaeozem*, *característicos de climas templados y aptos para la agricultura de temporal por su fertilidad* (Cruz, Balbontin, Paz, Etchevers, & Krasilnikov, 2007). La geología dominante es de rocas sedimentarias, debido a procesos de intemperismo, erosión, transporte, entre otros.

Pese a las características físicas, San Juan de las Huertas se encuentra en *una zona apta al desarrollo urbano, con pendientes de 0 a 6% en una zona de planicies accidentadas* (H. Ayuntamiento de Zinacantepec, 2003), permitiendo por un lado la edificación de asentamientos humanos y redes de comunicación, y por otro el desarrollo de actividades agrícolas. Cabe mencionar que al sur de la localidad los accidentes orográficos son constantes debido a la cercanía con el Volcán "Nevado de Toluca".

## 2.3 Medio socioeconómico

Se hace mayor énfasis en este rubro debido a que el presente trabajo se enfoca a una problemática de tipo socio-administrativo.

### 2.3.1 Población

En la figura 6, se observa como ha sido el comportamiento de la población en los últimos años. Para el año 2000 había una población de *10 719 habitantes* (INEGI, 2000), cifra que aumenta a *12 253 habitantes en el 2010* (INEGI, 2010), es decir la tasa de crecimiento neto en 10 años fue de 14.3%, con un incremento promedio anual de 1.35%; por otra parte debe considerarse que aunque ya ha sido realizada la encuesta intercensal de INEGI 2015, no se han publicado los resultados y por tanto no se conocen, aunque todo indica que la población crece. Dicho crecimiento implica la demanda de servicios, entre ellos el suministro de agua potable, aunado a la hipótesis de que a mayor población, mayor será la demanda del servicio de agua potable.

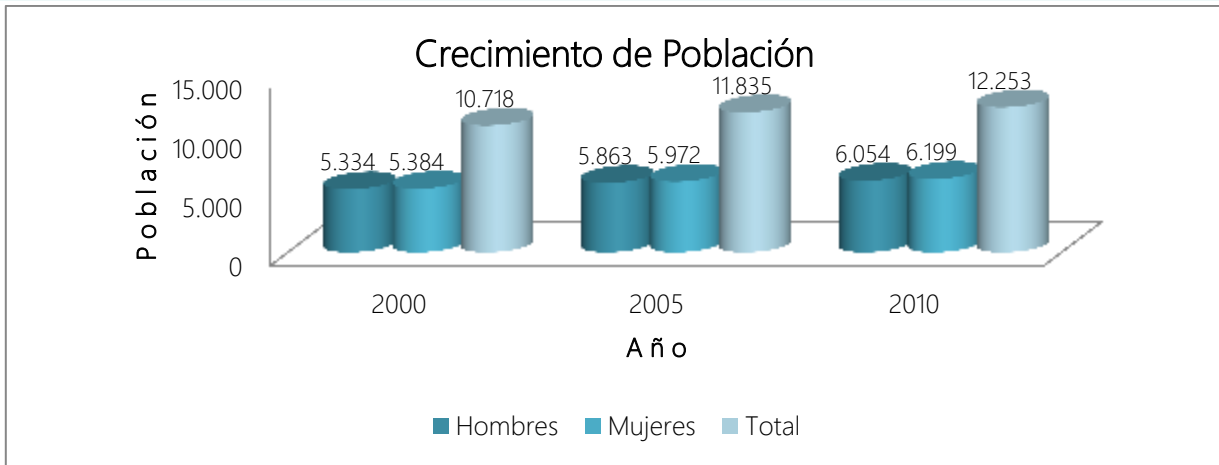


Figura 6 Población (Fuente: Elaboración propia con base en Censo de Población y Vivienda 2000, Censo de Población y Vivienda 2005 y Censo de Población y Vivienda 2010 INEGI.)

### 2.3.2 Vivienda

De acuerdo al Catálogo de localidades (SEDESOL, 2015), en San Juan de las Huertas tanto el *rezago social como el grado de marginación es bajo*, al contar con los requerimientos necesarios en servicios para que así sea.

En cuanto a indicadores de carencia en vivienda, en 2005 se registró un total de 2537 viviendas particulares habitadas, dato que incrementa en 2010 al registrar 2626 viviendas. Por otra parte, en cuanto al servicio de agua entubada en 2005, 239 viviendas no contaban con el servicio lo que representaba un 9.42% del total; para 2010 el porcentaje aumenta a 11.12% con 292 viviendas que no cuentan con el servicio (*ver figura 7*), dato que es relativamente proporcional considerando el incremento de viviendas particulares habitadas. Cabe resaltar que en los registros de ambos años, la carencia del servicio de agua entubada es mayor en comparación con el servicio de drenaje y luz eléctrica.

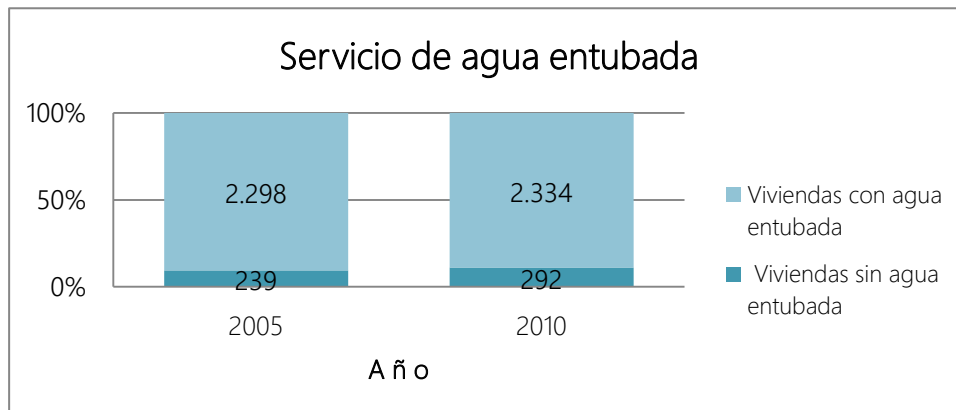


Figura 7 Porcentaje de viviendas con y sin servicio de agua



### 2.3.3. Economía

En el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2010), se identificó *que el total de la población económicamente activa (PEA) en la localidad es de 4596 habitantes y la población económicamente inactiva (PEI) es de 4591 habitantes*, es decir se calcula un porcentaje de 50% para cada grupo; de aquella población activa, el 73% corresponde al sexo masculino y el 27% al femenino. La importancia de considerar esta relación, radica en conocer si la población puede solventar o no el gasto que implica el abastecimiento del servicio de agua entubada, considerando además que dentro de la población inactiva se encuentran los habitantes que desempeñan actividades del hogar, estudiantes, jubilados o con alguna limitación para realizar un trabajo.

### 2.4 Estado actual del servicio de agua potable

El abastecimiento de agua en la localidad de San Juan de las Huertas tiene dos fuentes principales de obtención. Una de ellas es a través de los manantiales de "El Túnel", "La Pedrera", "La Guacamaya" y "Captación" de los cuales se obtiene cerca del 40% del agua que se distribuye en la localidad; por otra parte, el "Pozo" del cual se obtiene el poco más del 60% de agua.

Los manantiales están ubicados en predios ejidales perteneciente a la localidad de San Juan de las Huertas, localizados al sur de la comunidad. La infraestructura de explotación se llevó a cabo entre los años de 1944 y 1946 en los manantiales del Túnel y la Pedrera; el agua fue entubada y captada al sur del núcleo de población para posteriormente ser distribuida en la localidad. La explotación de ambos manantiales es de 20 litros/seg, los cuales actualmente son captados en dos depósitos que tienen una capacidad de 500m<sup>3</sup>; en uno de ellos se bombea el agua por una válvula de 4 pulgadas y el otro por una válvula de 8 pulgadas.

Por otra parte, la explotación de los manantiales de la Guacamaya y Captación es de 5 litros/seg y consiste en entubar el agua y transportarla de manera directa a la localidad, es decir, sin pasar por los depósitos, bajando por la calle de Los Encinos y Tepic para distribuir en el área este de la localidad.

En la década de los 70 a través de un decreto presidencial, se concedió el título de un pozo de agua en la localidad, del cual se explotan 42litros/seg, es decir el 62.68% del



total de agua distribuida, muy por encima del agua captada de los manantiales que es de 37.31% (Ver figura 8).



Figura 8. Captación de agua por segundo

A través del tiempo han existido comités de agua potable que han gestionado recursos para obras en la infraestructura hidráulica para la distribución del servicio de agua potable en la localidad, incluso conforme crece la población la demanda del servicio es mayor, y debido a ello se han implementado el número de válvulas para distribuir el servicio en la localidad.

Las primeras tomas de agua fueron autorizadas desde 1982 y hasta la fecha se contabilizan cerca de 3200, desde entonces y hasta diciembre de 2014 el pago mensual por el servicio de agua era de \$20 es decir \$240 anuales; sin embargo debido a la falta de pago por la mayor parte de la población y la demanda de un mejor servicio por la población que si pagaba, a partir de enero de 2015 se optó por subir la tarifa mensual a \$50, es decir \$600 anuales.

Capítulo

3

# Metodología



### 3. Metodología

A continuación se presenta la metodología implementada para este proyecto, en la cual se describen paso a paso los procedimientos para llevar a cabo los objetivos planteados.

#### 3.1 Cuadro metodológico

En el siguiente cuadro se identifica los componentes principales para llevar a cabo este proyecto.

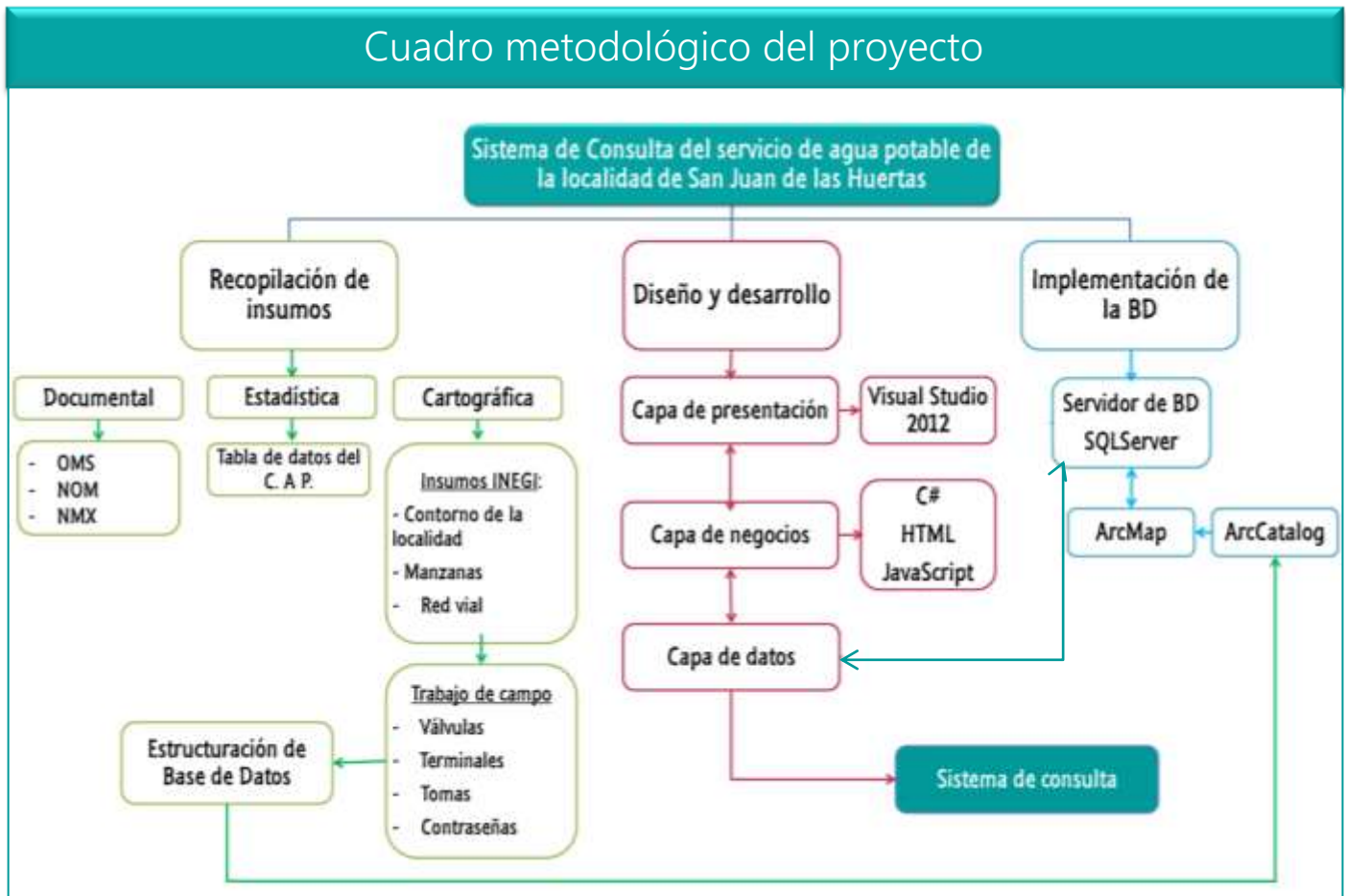


Figura 9. Cuadro metodológico. Fuente: Elaboración propia



## 3.2 Procedimientos

La inquietud por la realización de este proyecto fue como ya se dijo en el planteamiento del problema, la falta de una herramienta en la que se pudiera almacenar la información estadística de los pagos por el servicio del agua de la localidad de San Juan de las Huertas. Una vez conocida la problemática y considerando que existía información que podía implementarse y manipularse se llevaron a cabo los siguientes procedimientos:

### 3.2.1 Recopilación de insumos

Esta fase hace referencia a la recopilación de información necesaria para el desarrollo de este proyecto, es decir cada uno de los insumos documentales, cartográficos y estadísticos.

En cuanto a la información documental se rescataron los temas de sistemas y subsistemas de información geográfica y lo referente al servicio de agua potable, del cual se rescató el sustento legal, desde decretos internacionales, hasta las Normas Oficiales Mexicanas PROY NOM-250-SSA1-2014 y NOM-001-CONAGUA-2011 de carácter obligatorio y la NORMA MEXICANA NMX-AA-147-SCFI-2008, referentes a calidad, abastecimiento y tarifas del servicio de agua potable. Además del esquema y forma de distribución, así como los componentes de la red de abastecimiento de agua potable, y finalmente antecedentes.

Se procedió a la descarga de información cartográfica del área de estudio en el catálogo de cartografía urbana de INEGI, las capas descargadas fueron: manzanas, red vial y contorno de la localidad en formato shapefile, y fueron utilizadas como insumo auxiliar para la posterior digitalización de la información de la red de agua potable.

Por otra parte se realizó trabajo en campo para identificar la localización de tuberías, válvulas y terminales de tuberías, así como de tomas<sup>1</sup> para ser digitalizadas y tener la cartografía temática correspondiente a este proyecto y la cual primordial para el desarrollo de las fases siguientes.

---

<sup>1</sup> No se digitalizaron cartográficamente todas las tomas, sin embargo se digitalizaron las correspondientes a la calle Av. México, Cuitláhuac y Francisco Javier Mina



La parte estadística corresponde a una tabla de datos proporcionada por el comité de agua potable de la Localidad de San Juan de las Huertas, en la cual se almacenaba información de pagos y adeudos de los usuarios del servicio de agua potable. Las tablas originales son de formato Excel y tiene el siguiente formato:

NOMBRE	N° DE CASA	N° DE	CONAÑOS PAGADOS	ADEUDO	TOTAL A PAGAR	AÑOS	PENDIENTES	DE PAGO
ARMENTA IGLESIAS INDICE	S/N		67 1992-1998	1999-2015	4440			17
CARMONA CORNEJO ARISTEO	S/N		340 1999-2003	2004-2015	3240			12
CARMONA CORNEJO FRANCISCO		305	240 1998-2006	2007-2015	2520			9
CARMONA ESTRADA ARISTEO		301	589 1996-2010	2011-2015	1560			5

Figura 10. Tabla original

### 3.2.2 Estructuración de la base de datos

La importancia de la estructuración de una base de datos en este proyecto fue esencial, para establecer los tipos de datos que se manejarían, los vínculos y relaciones que entre ellos existieran para su posterior consulta.

Teniendo en cuenta que una base de datos espacial, busca una organización estructurada para facilitar la consulta de manera eficiente, por ello con la tabla de datos proporcionada por el comité y la información obtenida en campo se realizó la normalización de las bases de datos. Dicha normalización consistió en la depuración y creación de nuevos atributos, para facilitar su manipulación. Se visualizaron de la siguiente manera:

- Tomas

id_wal	id_dir	contrato	tipo_contr	ape_pat	ape_mat	nombre	calle_1	calle_2	no_casa	pago82	pago83	pago84	pago85	pago86	pago87	pago88	pago89	pago90
			472	DOMESTICO	ALBARRÁN	CORNEJO	MAGDALENI	AV. MÉXICO	200							0	0	0
			1154	DOMESTICO	ALMAZÁN	MIRANDA	LEÓN	AV. MÉXICO	224									0
			S/N	DOMESTICO	ALMAZÁN	VELÁZQUEZ	CRISTOBAL	AV. MÉXICO	254									

- Válvulas

ID	lat	long	cruce_1	cruce_2
1	19,238906	-99,764221	Calle Tepic	
2	19,239386	-99,764091	Calle Tepic	Cerrada de Tepic
3	19,240431	-99,763276	Calle Tepic	Calle Tepic
4	19,241920	-99,762277	Adolfo Ruíz Cortines	Adolfo López Mateos
5	19,242050	-99,763260	Adolfo López Mateos	Calle Puebla

- Contraseñas

contrato	contraseña	ape_pat	ape_mat	nombre	estatus
472	521510	ALBARRÁN	CORNEJO	MAGDALENO	INACTIVO
1154	418554	ALMAZÁN	MIRANDA	LEÓN	INACTIVO
5938	526785	ALMAZÁN	VELÁZQUEZ	CRISTOBAL	INACTIVO
250	566878	ALMAZÁN	VELÁZQUEZ	FRANCISCO	INACTIVO





Para correlacionar bases de datos se siguió el esquema del siguiente modelo de relación de bases de datos, especificando el tipo de dato según el caso.

Válvulas: corresponde a la BD de válvulas, la cual se ligara a la BD TOMAS, de esta manera existe una relación *de uno a muchos*, una válvula hay muchas tomas.

AUTENTIC: corresponde a BD de las contraseñas del usuario, la relación es de *uno a uno* es decir, un usuario tiene acceso a un número de toma a través del atributo contrato.

AUTENAD: corresponde a la BD de contraseña del administrador, tiene una relación de *uno a todos*, es decir tiene acceso a las BD Válvulas, AUTENTIC y TOMAS.

TOMAS: es la BD que contiene la información de la toma de agua, su representante, localización, así como el estatus de pago, el tipo de relación es de *todos a uno*.

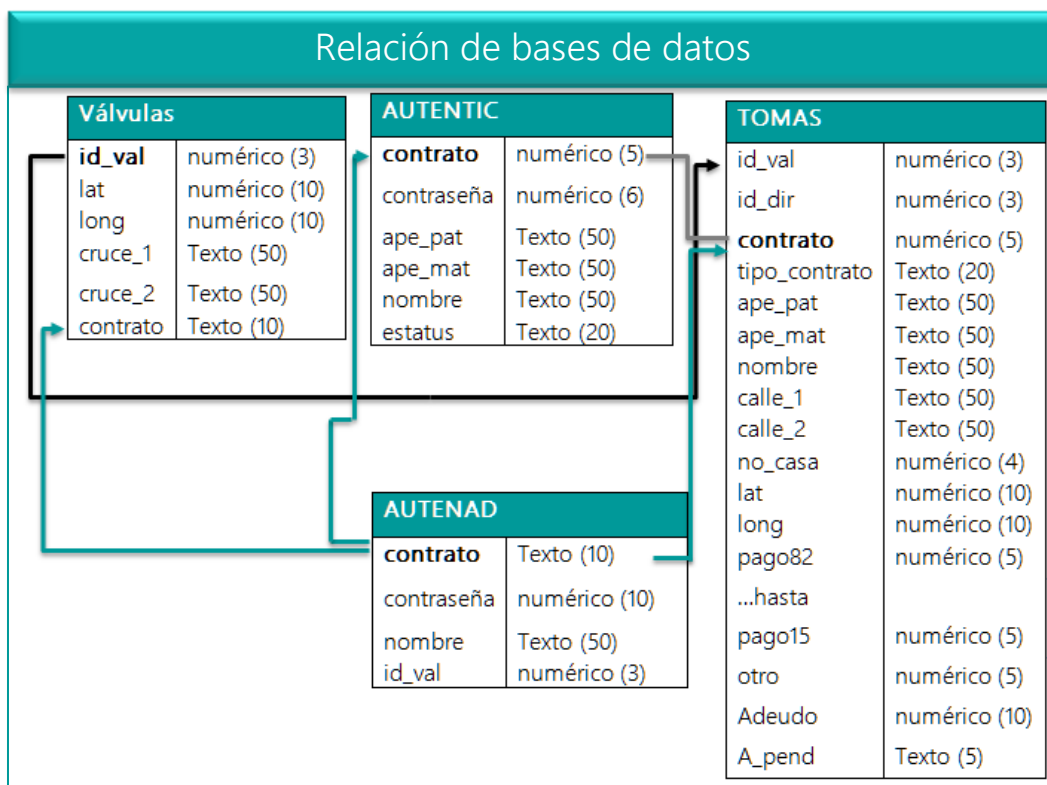


Figura 11. Relación de base de datos. Fuente elaboración propia

Una vez elaboradas las BD, se consideran insumo para el desarrollo de las siguientes fases.



### 3.2.3 Diseño y desarrollo

La siguiente fase corresponde al diseño y desarrollo del sistema, en el cual resaltan tres puntos importantes respecto a la arquitectura de solución, es decir cuando se trabaja en aplicaciones en web se realiza una programación en tres capas: de *presentación*, *negocios* y *datos*, las cuales se comunican para generar un resultado final. Cabe mencionar que esta fase se complementa con la de implementación de la BD, y para ello fue necesaria la instalación de Visual Studio 2012 y Microsoft SQLServer en el equipo.

#### 3.2.3.1 Capa de presentación

Se refiere a lo que el usuario ve y percibe; es la interfaz en la cual se presenta e interactúa la información al usuario final, se caracteriza por ser usable y agradable para el usuario. La capa de presentación fue realizada en Visual Studio 2012.

Desde Visual Studio se creó un nuevo sitio web, partiendo de un modelo de desarrollo de ASP.NET, en el cual se asignó el nombre del proyecto. Desde el explorador de soluciones, se agregaron formularios web, en los cuales se realizó el diseño de plantillas, las cuales se nombraron como: Inicio, Administrador, Usuario y Cartografía. Una vez creados los formularios, se generan los siguientes archivos, una con extensión .aspx y otra con extensión .aspx.cs., ambas son código en línea, en el primero se encuentran los controles para el diseño de la plantilla y el segundo el código que permite la asociación con la capa de negocios y datos.

En el archivo .aspx, hay tres pestañas de visualización, en la opción de Diseño se insertó una tabla en la que se hizo la plantilla, auxiliándose del cuadro de herramientas y el de propiedades para la edición de los controles utilizados en cuestión de estilos, fuentes y tamaño.

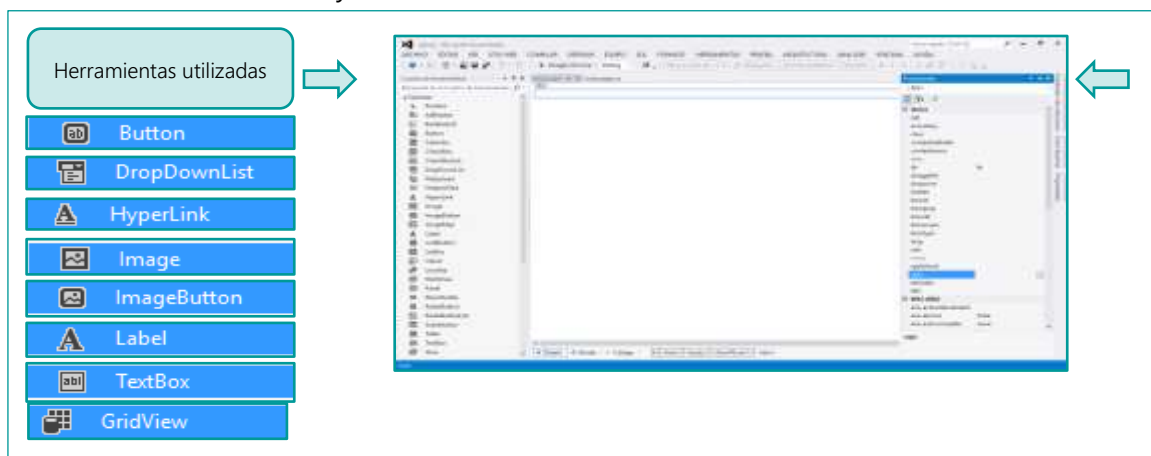


Figura 12. Edición en .aspx



Se diseñó la plantilla de Inicio<sup>2</sup>, la cual va dirigida a dos clientes: un administrador y un usuario (TextBox), a los que les es requerida una contraseña (TextBox) para acceder a través de un botón (Button); de ser negada la autenticidad aparece un mensaje de *error al iniciar sesión* (Label).

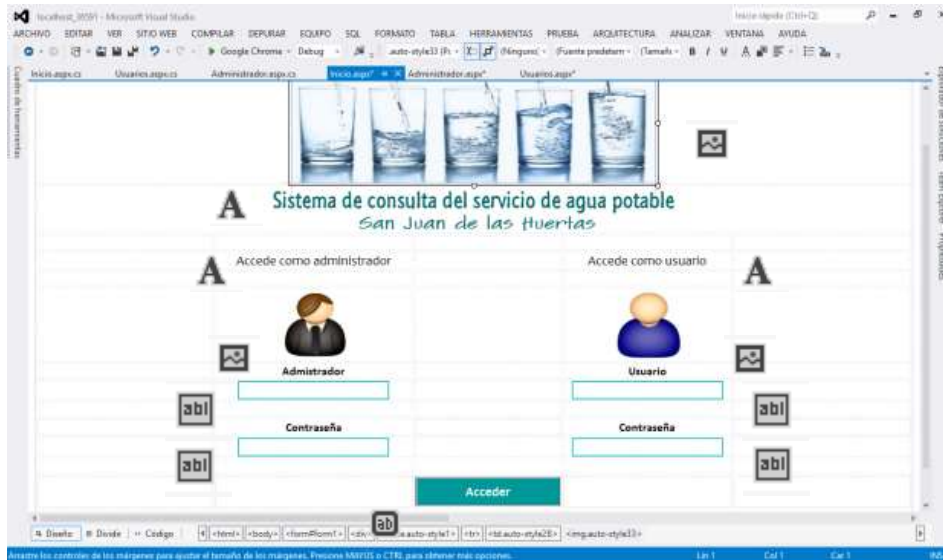


Figura 13. Diseño de plantilla de inicio

El objetivo de la plantilla de Administrador es que a través del HyperLink de *Cargar datos del usuario*, cliente haga consultas de calle, domicilio y toma a través del DropDownList con el que se selecciona la información requerida; una vez que se elija la toma, se llenaran los TextBox con la información de no. de casa, contrato, años de adeudo y adeudo total del usuario. Existen tres botones: *ir a cartografía* (que redirecciona a la plantilla de cartografía.aspx), detalle *de adeudo* (para que a través de un GridView genere una tabla con la información del adeudo o pago del usuario por año) y *nueva consulta* (que actualiza la ventana para generar una nueva consulta). Se observa también un espacio asignado al API de google maps de la cual se hablará más adelante.



Figura 14. Diseño de plantilla de administrador y cartografía

<sup>2</sup> Los iconos hacen referencia a los controles utilizados en la plantilla



La plantilla de Cartografía permite al cliente Administrador consultar los mapas temáticos de localización, válvulas, terminales y tomas del área de estudio, los cuales se pueden elegir a través de cuatro Button's, el objetivo es la visualización de localización espacial de los componentes de la red de agua potable.

Finalmente, la plantilla de Usuario es para aquellos clientes que a través de su nombre de usuario y contraseña (como de muestra en Inicio.aspx) acceden a su información para conocer el estatus de sus pagos y adeudos. En la plantilla el cliente



podrá visualizar la localización de su toma por medio del API de google maps, así como su número de contrato, número de válvula, nombre, apellido paterno y materno, domicilio y total a pagar a través de TextBox. Y finalmente algunas observaciones en torno a la forma de pago.

Por otra parte se observa el código de la plantilla, en él se guarda los estilos de cada uno de los comandos utilizados en el diseño y se tiene la opción de dividir la pantalla para ver comando y código simultáneamente.

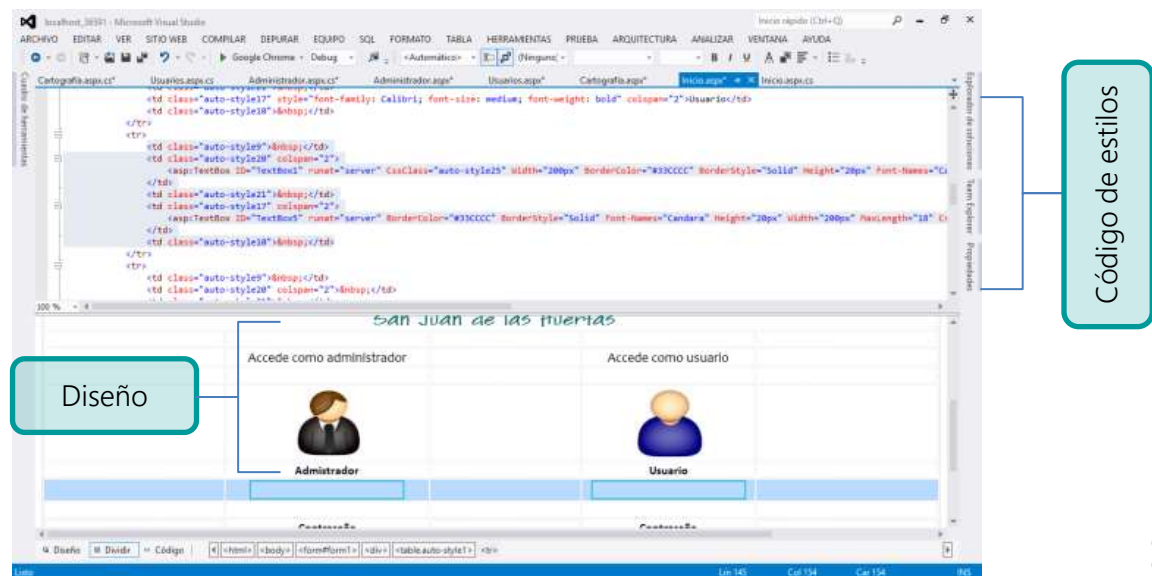


Figura 16. Diseño y código de estilos en .aspx



### 3.2.3.2 Implementación de la BD

Antes de profundizar en el desarrollo de la programación<sup>3</sup> fue necesario tener el insumo de las BD almacenadas en SQLServer. La función de SQLServer es la administración y análisis de bases de datos, las cuales se integraron por medio de ArcCatalog de ArcMap.

En ArcCatalog en la sección de Catalog Tree, en el apartado de Database Connection, se generó una nueva conexión de BD que fue enlazada con la plataforma de SQLServer, desde SATELLITE\\SQLEXPRESS con el nombre *Agua\_Potable* en la cual se importaron<sup>4</sup> como tablas las BD estructuradas de válvulas, tomas y contraseñas, así como un shapefile de la delimitación del área de estudio.

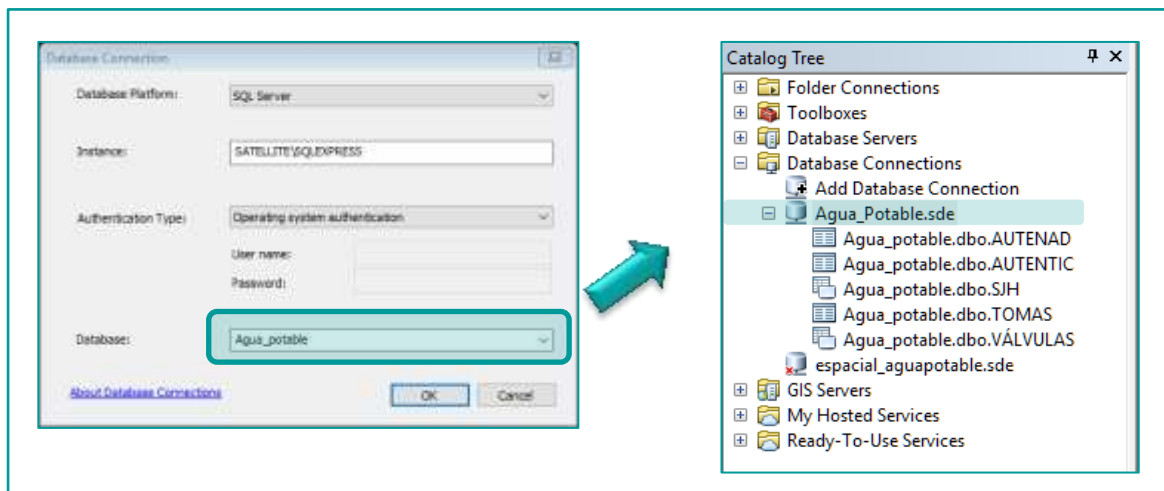


Figura 17. Creación de BD en ArcCatalog

Desde Microsoft SQLServer, se realizó la conexión del servidor, este fue de tipo *Motor de base de datos*, el nombre del servidor corresponde al nombre del equipo en el que se desarrolló el proyecto<sup>5</sup> y una autenticación por parte de Windows.

<sup>3</sup> De las capas de negocios y datos de la arquitectura de solución

<sup>4</sup> Se tiene la opción de generar o importar tablas o geometrías (shapefile)

<sup>5</sup> Aunque puede variar si se tiene acceso a un servidor de datos

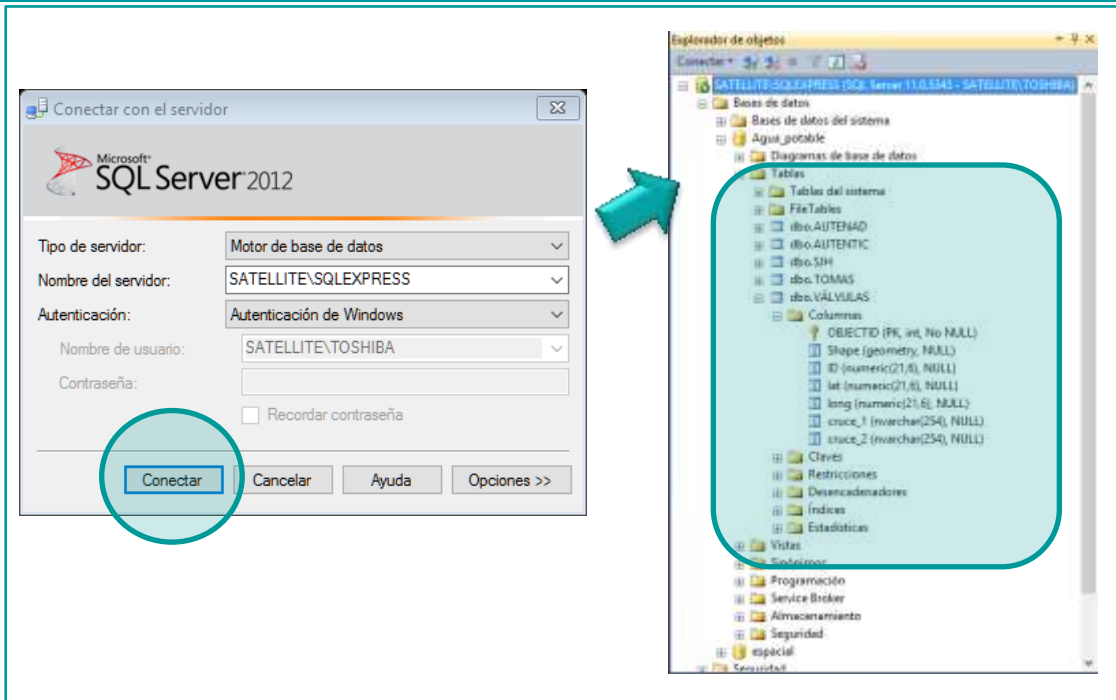


Figura 18. Conexión del servidor y BD en SQLServer

En el explorador de objetos se observó el nombre del servidor y la dirección I.P. del mismo, se desplegó la carpeta de Bases de datos en la que apareció la BD generada desde ArcCatalog con el nombre de *Agua\_potable*, al desplegarla en el apartado de tablas ya existen las *dbo. AUTENAD*, *dbo.AUTENTIC*, *dbo.SJS*, *dbo.TOMAS* y *dbo.VÁLVULAS* con sus respectivas columnas.

Una vez hecha la conexión de la base de datos fue posible la comunicación con la capa de datos y negocios de la arquitectura de programación en capas. Ahora se profundiza en ellas.

### 3.2.3.3 Capa de negocios y de datos

El objetivo de la capa de negocios es la comunicación entre la capa de presentación y la capa de datos. Con la primera para recibir las solicitudes y presentar resultados, y la segunda para almacenar o recuperar los datos de las BD desde SQLServer.

En función de lo anterior, la comunicación con la capa de presentación fue a través de las funciones de los comandos establecidos, y las librerías utilizadas para que se



llevara a cabo la visualización de la información; la comunicación con la capa de datos se refiere a la conexión con SQLServer.

El desarrollo de las capas se llevó a cabo en los ficheros con extensión .aspx.cs y se estructuró de la siguiente manera: en general, primero se encuentran las librerías que se generan por default y aquellas necesarias para la conexión con SQLServer<sup>6</sup>.

Posteriormente el acceso a las BD almacenadas en SQLServer desde un objeto tipo *Connection*<sup>7</sup> así como la operación de apertura de la conexión. A través de dos tipos de operación<sup>8</sup>: procedimientos y funciones, es posible ejecutar consultas, de acuerdo a lo estructurado en la interfaz del proyecto.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Linq.Expressions;
using System.Web;
using System.Data.SqlClient;
using System.Web.UI;

public partial class Page : System.Web.UI.Page
{
    SqlConnection cn = new SqlConnection();
    SqlConnection cn2 = new SqlConnection();

    protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
    {
        string cadena = "Data Source = SERVER:SQLSERVER; Database = Agua_potable; Integrated Security = SSPI";
        cn.ConnectionString = cadena;
        cn.Open();
        SqlCommand cmd = new SqlCommand();
        cmd.Connection = cn;
        cmd.CommandText = "SELECT * FROM Agua_potable";
        SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
        while (reader.Read())
        {
            // ...
        }
    }

    protected void btnBuscar_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        if (ExistenServicio(txtServicio.Text, txtCalle.Text))
        {
            Session["Aceptar"] = "SI";
            string url = "Usuarios.aspx?Function=" + txtCalle.Text;
            Response.Redirect(url);
        }
        else
        {
            Session["Aceptar"] = "NO";
            lbl1.Visible = true;
        }
    }
}
    
```

Figura 19. Estructura del código

Uno de los servicios utilizados es el API<sup>9</sup> de google maps, cuyo lenguaje de programación es HTML no compatible con C#, por ello se declaran variables de html al inicio de la plantilla Administrador.aspx y Usuario.aspx con la finalidad de ubicar espacialmente el área de estudio o en su caso la toma de agua seleccionada según el caso.

<sup>6</sup> Estas librerías se ubican en una librería de clases de Windows llamada .NET Framework.

<sup>7</sup> Existen dos escenarios de conexión: Conectado y desconectado.

<sup>8</sup> En programación se conocen como métodos

<sup>9</sup> Application Programming Interface



```
<DOCTYPE html>
<!-- Definimos las variables asociadas a HTML -->
<input name="server" id="server" type="hidden" value="" />
<input name="server" id="server" type="hidden" value="" />
<input name="server" id="server" type="hidden" value="" />
<input name="server" id="server" type="hidden" value="" />
<!-- Incluimos a las librerías de jQuery de Google Maps -->
<script src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?v=3.exp&sensor=false" type="text/javascript"></script>
<script type="text/javascript" src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?v=3.exp&sensor=false" type="text/javascript"></script>

<!-- Definimos las variables asociadas a HTML -->
var map;
var markers = [];
var path = new google.maps.Path();

function initialize() {
  // Obtenemos getLatLngByCity: Devolvemos una variable de HTML
  map = new google.maps.Map(document.getElementById("map_canvas"), {
    center: { lat: 19.144981, lng: -99.741999 },
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.SATELITE,
    zoom: 15
  });

  window.onload = initialize;

  // Script
  <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
  <head xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
    <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8"/>
    <title>Inicio</title>
    <script type="text/javascript">
      <!-- Definimos las variables asociadas a HTML -->
      </script>
    </head>
  </html>
```

Figura 20. Código de API de google maps

Una vez que las capas se comunican, es posible ejecutar el proyecto web denominada Sistema de consulta del servicio de agua potable de San Juan de las Huertas, Zinacantepec, México desde el localhost local.



Capítulo

4

**Resultados**



## 4. Resultados

En función de los objetivos planteados para el desarrollo de este proyecto se llegó a los siguientes resultados.

Se recopiló información documental con que se desarrolló el marco teórico-metodológico. A partir de la información estadística se generaron las bases de datos alfanuméricas y cartográficas de las válvulas, terminales y tomas de la red de agua potable de la localidad con el fin de identificar espacialmente su distribución.

Las bases de datos fueron normalizadas para su implementación en SQLServer, de ellas fue posible obtener los datos para alimentar al sistema de consulta generado con una interfaz amigable en Visual Studio 2012 representando la capa de presentación del esquema metodológico.

Por otra parte a través de la capa de negocios fue posible establecer un sistema de consulta de código abierto a información de una toma de agua (siempre y cuando se cuente con un nombre de usuario y contraseña), y un código cerrado para el administrador del sistema, en el cual ya es posible acceder con un nombre de administrador y contraseña con el fin de consultar y visualizar el estatus de pagos y adeudos al servicio de agua potable, la localización espacial de los mismos, así como información cartográfica de la localidad respecto a la generación de mapas temáticos sobre la red de agua potable

En conjunto, se llegó al desarrollo de un sistema de consulta que permita la visualización y consulta de estatus de los pagos y adeudos al servicio de agua potable en la localidad de San Juan de las Huertas, municipio de Zinacantepec, México. A continuación se muestra el proceso de navegación en la interface del sistema de consulta, con un ejemplo para cada plantilla utilizada,

La página de ejecución es <http://localhost:36591/Inicio.aspx> y se visualiza de la siguiente manera.



- Acceso como usuario: se observa el nombre de usuario, por ejemplo 1084 y un formato de puntos para la contraseña con seis dígitos (••••••), además de una etiqueta de instrucción de cómo ingresar.



Figura 21. Pantalla de inicio, acceso como usuario

El usuario y contraseña son únicos para cada cliente y para acceder deben coincidir, de lo contrario aparecerá un mensaje de ¡Error al iniciar sesión! Una vez que el sistema reconoce la autenticación enviará a la siguiente plantilla.

- Plantilla de usuario: en ella se recopila la información de los datos del usuario 1084, cuya toma pertenece a la válvula 26, el propietario: Francisco Almazán Velázquez, con dirección es Av. México #233 quien tiene un adeudo de \$600.00.

Se visualiza el mapa de la API de google maps, haciendo un acercamiento a la localización de la toma del usuario registrado. En la parte inferior se hacen algunas observaciones para el usuario indicando que el costo anual del servicio de agua hasta 2014 era de \$240 y en 2015 incremento a \$600 anuales, que en ocasiones aumenta por otros tipos de adeudos y que para cualquier aclaración se debe acudir directamente con el comité.



Figura 22. Pantalla del usuario

- Acceso como administrador: El acceso es también, a través de la plantilla de inicio, en la cual se muestra una etiqueta que requiere el nombre del administrador, y de una contraseña de nueve dígitos (●●●●●●●●●), que al ser autenticada permite el acceso al sistema, de lo contrario manda un mensaje de ¡Error al iniciar sesión!



Figura 23. Pantalla de inicio, acceso como administrador



- Plantilla de administrador: una vez realizada la autenticación el administrador tiene acceso a la consulta de información de la toma de agua, por ejemplo se selecciona la calle Av. México, la válvula 26 y la toma 1084, que corresponde nuevamente a Francisco Almazán Velázquez, del cual se cargan sus datos, teniendo un adeudo de \$600, con la opción del botón detalle de adeudo, se despliega una tabla con información del estatus de pago y/o adeudo por año.

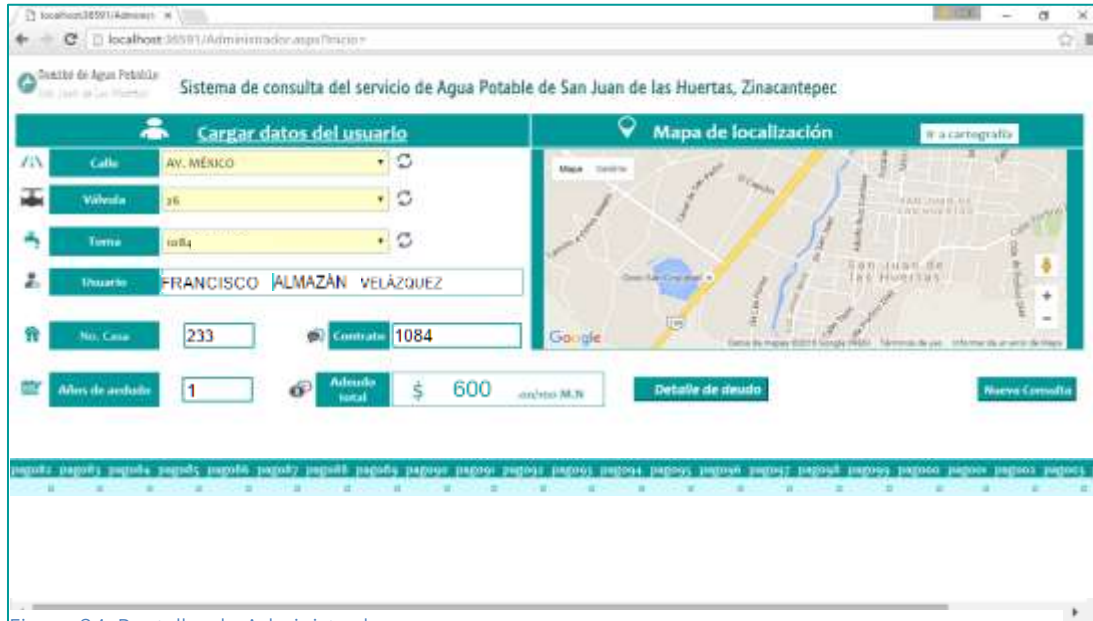


Figura 24. Pantalla de Administrador

En la parte superior derecha hay un botón de *Ir a cartografía* el cual despliega a la siguiente página.

- Cartografía: En esta pantalla el usuario podrá hacer una selección de mapas, en el ejemplo se muestra el mapa de localización de la localidad de San Juan de las Huertas.





## 4.1 Conclusiones

En general los objetivos planteados en el presente documento fueron cumplidos, por un lado se abarco la búsqueda de información documental,, estadística y cartográfica con la cual se fundamentó el marco teórico- metodológico del proyecto.

A partir del trabajo realizado en campo fue posible la obtención de localización espacial de algunos elementos de la red hidráulica: pozo, depósitos, válvulas de agua, terminales de tuberías y tomas de agua de ejemplo, para su posterior digitalización cartográfica y elaboración de las bases de datos espaciales correspondientes a cada elemento.

En lo referente al sistema, se trabajó a través de las capas de arquitectura de solución. Las cuales permitieron la consulta de la información respecto al control de los pagos y adeudos al servicio de agua potable, lo cual es una ventaja en el manejo de la información, ya que ahora deja de ser análoga o recibos en papel, para convertirse en digital permitiendo al mismo tiempo la visualización espacial.

En general el sistema de consulta se presenta a través de un interfaz agradable no solo para el usuario quién tiene el acceso a la información de su toma y adeudos total, sino para el tomador de decisiones, en este caso el comité de agua potable quien ahora tiene un acceso dinámico y eficaz a la información de pagos y adeudos, pero además a otros componentes de la infraestructura hidráulica de la localidad.



## 4.2 Recomendaciones

Un Sistema de Información Geográfica o en su caso un subsistema debe estar en constante actualización para conservar la visualización de la información espacial lo más apegada a la realidad en tiempo y espacio. Por ello se proponen las siguientes recomendaciones que permitirán enriquecer al sistema:

- Mejorar la visualización de la interfaz: que su navegación sea sencilla para el usuario, considerando que la mayoría de veces no están familiarizados con los SIG.
- No limitar visualización: que el sistema no se limite a la visualización de mapas, sino que permita la manipulación (apagado y encendido de capas y despliegue de información de los objetos) de la red de agua potable de la localidad dentro de la misma aplicación.
- Actualización: que se permita la actualización de la información de pagos en el sistema y que este quede almacenado en la base de datos del servidor.
- Localización precisa: el sistema permite la localización puntual de las tomas de agua domiciliarias, sin embargo se propone una representación cartográfica catastral con el fin de identificar de manera precisa el acceso de la toma de agua al domicilio, esto como una estrategia para la toma de decisiones del comité si fuera el caso de suspender la toma.
- Agregar información cartográfica: agregar información de los componentes de la red hidráulica como: pozo, manantiales, depósitos, tuberías y tomas de agua totales.



## Trabajos citados

- Centro Virtual de Información del Agua. (2004). Recuperado el 25 de Junio de 2015, de ¿Cuánta hay?: <http://www.agua.org.mx/index.php/el-agua/agua-en-el-planeta/cuantahay>
- Alonso Sarría, F. (s.f.). *Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de <http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Centro virtual de información del Agua. (s.f.). *Tuus derechos sobre el agua*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de [http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com\\_content&view=category&id=23&Itemid=300022](http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=category&id=23&Itemid=300022)
- CONAGUA. (Diciembre de 2007). *Manual de agua potable, alcatarillado y saneamiento*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de Redes de distribución: <ftp://ftp.conagua.gob.mx/Mapas/libros%20pdf%202007/Redes%20de%20distribuci%F3n.pdf>
- CONAGUA. (2008). *NORMA MEXICANA NMX-AA-147-SCFI-2008*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de SERVICIOS DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y SANEAMIENTO-TARIFA- METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LA TARIFA: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-147-SCFI-2008.pdf>
- CONAGUA. (2014). *Estadísticas del agua en México*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de Edición 2014: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>
- Confederación de Empresarios de Andalucía. (2010). *Sistemas de Información Geográfica tipos y aplicaciones empresariales*. Recuperado el 25 de Junio de 2015, de Ventajas de su uso: <http://sig.cea.es/ventajas>
- Cruz, C., Balbontin, C., Paz, F., Etchevers, J., & Krasilnikov, P. (13 de Agosto de 2007). *Los Suelos de México y su Geografía (II). Suelos Dominantes*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de Variabilidad morfogénica de los suelos en México y su relación con el modelos fisiográfico nacional: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/08/13/71688>
- Fernández Alarcón, V. (Junio de 2006). *Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de [https://books.google.com.mx/books?id=Sqm7jNZS\\_L0C&printsec=frontcover&dq=sistemas+de+informacion&hl=es-](https://books.google.com.mx/books?id=Sqm7jNZS_L0C&printsec=frontcover&dq=sistemas+de+informacion&hl=es-)





419&sa=X&ved=0ahUKEwiSks\_uqJfKAhXCYiYKHe9CA4QQ6AEIGjAA#v=onepage&q=sistemas%20de%20informacion&f=true

- H. Ayuntamiento de Zinacantepec. (Julio de 2003). *Plan de Desarrollo Urbano de Zinacantepec*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de [http://seduv.edomexico.gob.mx/planes\\_municipales/Zinacantepec/doc-zinacantepec.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/Zinacantepec/doc-zinacantepec.pdf)
- INEGI. (14 de febrero de 2000). *Censos y Conteos de Población y Vivienda*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de XII Censo General de Población y Vivienda 2000: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/cpv2000/default.aspx>
- INEGI. (2010). *Censos y Conteos de Población y Vivienda*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de Censo de Población y Vivienda 2010: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>
- INEGI. (s.f.). *Mapa Digital de México*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de V6.1: <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjE5LjI0NTUyLGxvbjotOTkuNzU2NzAsejoxMSxsOmN1c3Y1>
- INEGI. (s.f.). *Sistema de Información Geográfica*. Recuperado el 2015 de Diciembre de 18, de <http://www.inegi.org.mx/inegi/SPC/doc/internet/sistemainformaciongeografica.pdf>
- Johansen Bertoglio, O. (2004). *Introducción a la teoría general de sistemas*. (G. N. EDITORES, Ed.) Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de Google Books: <https://books.google.com.mx/books?id=4bVvTLvHVzMC&printsec=frontcover&dq=teoria+general+de+sistemas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjSwa64mJfKAhUIVYyYKHagwDqsQ6AEIGjAA#v=onepage&q&f=true>
- Naciones Unidas Derechos Humanos, ONU, OMS. (Marzo de 2011). *El derecho al agua*. Recuperado el 2015 de Diciembre de 18, de OHCHR: <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35sp.pdf>
- Real Academia Española. (2015). *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de <http://dle.rae.es/?id=Y2AFX5s>
- SEDESOL. (Mayo de 2015). *Catálogo de Localidades*. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de Sistema de Apoyo para la Planeación del PDZP: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=151180058>



- SEGOB. (17 de Febrero de 2012). *Diario Oficial de la Federación* . Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de NORMA Oficial Mexicana NOM-001-CONAGUA-2011, Sistemas de agua potable, toma domiciliaria y alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba.:  
[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5234380&fecha=17/02/2012](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5234380&fecha=17/02/2012)
- SEGOB. (15 de Agosto de 2014). *Diario Oficial de la Federación*. Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY NOM-250-SSA1-2014: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5356607&fecha=15/08/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356607&fecha=15/08/2014)
- Sitjar i Suñer, J. (Febrero de 2009). *upcommons*. Recuperado el 18 de Diciembre de 2015, de [http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/7581/08\\_TIG\\_03\\_sitjar.pdf?sequence=1](http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/7581/08_TIG_03_sitjar.pdf?sequence=1)
- Tapia Jiménez, A., & Maya Núñez, M. G. (2011). *Sistema de visualización y consulta para la gestión del suministro del servicio de agua potable. Caso de estudio: Colonia Morelos, Zinacantepec, Edo.Méx.* Toluca: Facultad de Geografía, UAEMex.