



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“Localización de la Infraestructura de Agua Potable
de la Delegación Gustavo A. Madero, a través de un
Sistema de Información Geográfica”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :
JOSÉ ALFREDO SÁNCHEZ MONTIEL**

ASESOR:

Ing. Luis Pomposo Viguera Muñoz

BOSQUES DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO, 2010





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Facultad de Estudios Superiores Aragón

DIRECCIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

JOSE ALFREDO SANCHEZ MONTIEL

Presente

Con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Facultad, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobado su tema de tesis y asesor.

TÍTULO: "LOCALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA"

ASESOR: Ing. LUIS POMPOSO VIGUERAS MUÑOZ

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Nezahualcóyotl, Estado de México a 14 de abril de 2010.

EL DIRECTOR

M. en I. GILBERTO GARCÍA SANTAMARÍA GONZÁLEZ



C p Secretaría Académica
C p Jefatura de Carrera de Ingeniería Civil
C p Asesor de Tesis

GGSG/JGPO/vr



SEGUIMIENTO DE REGISTRO DE TESIS

FECHA	CVE	DESCRIPCIÓN DEL TRAMITE	AUTORIZACIÓN Y SELLO
10/09/2010.	C. T.	"LOCALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA"	
13/09/2010.	IMP.	"LOCALIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA"	
			LIC. JOSÉ GUADALUPE PIÑA OROZCO SECRETARIO ACADÉMICO
			LIC. JOSÉ GUADALUPE PIÑA OROZCO SECRETARIO ACADÉMICO
			LIC. JOSÉ GUADALUPE PIÑA OROZCO SECRETARIO ACADÉMICO
			LIC. JOSÉ GUADALUPE PIÑA OROZCO SECRETARIO ACADÉMICO

TRAMITE	CLAVE
PRÓRROGA	PR.
CAM. TÍTULO	C.T.
CAM. ASESOR	C.A.
CAM. SEM.	C.S.
VIGENCIA	VIG.
IMPRESIÓN	IMP.

A Dios:

Por darme la gracia de estar aquí.

A Mi Padre:

*Eres el ejemplo que guía mi vida, todo lo que soy y
espero llegar a ser, te lo debo a ti.
Te amo Padre.*

A Mi Madre:

*Con cariño y admiración madre ya que eres
única e invaluable, gracias por ser mi madre,
es un orgullo ser tu hijo, te amo.*

A mis Abuelos; Paula, Gudelia, Chon, Daniel.

A Mi Chaparrita:

*Eres el amor de mi vida, te agradezco no solo tú
apoyo incondicional, sino el esfuerzo que haces
día con día, así como estos diez años
extraordinarios que haz estado a mi lado y
haberme dado dos hijos maravillosos. Te amo aún
más cada día.*

A Jared y Sara:

*Hijos son la luz que ilumina mi camino, los amo.
Jared espero ser un buen ejemplo para ti, Sara mi
pequeña princesa, también para ti.*

A Mis Hermanas:

Que siempre fueron un ejemplo para mí, las quiero. Gracias por su apoyo, cariño y un sin fin de cosas que no acabaría.

A Mi Alma Mater, la UNAM:

Por su apoyo decidido, generoso y desinteresado durante mis estudios.

A Mi Asesor:

M. En I. Luis Pomposo, le agradezco el apoyo brindado y haber sido parte de mi formación y educación, es un ejemplo a seguir.

A Mis Profesores:

Quienes sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme.

A Mis Ti@s:

Por que son parte del desarrollo de mi vida.

A Leo:

*Por ser mi sobrino, ahijado y mí amigo.
A Camila, Juanchito, Carol.*

A Poncho:

*Gracias por tus consejos y tu apoyo,
han sido de gran ayuda amigo.*

A Mis Amigo:

David, Víctor, Héctor, Minerva, Bruno (criatura),
Oscar, Guillermo, Poncho, Alfredo, Juan Carlos,
Jorge, Paco, Roger, Marcos, Alberto, Luis Alberto,
Dani, Juanote, Memo, Doña Roció, El Kai.

A:

*Ing. José Carner
Ing. Felipe Hernández
Ing. Humberto Agapito
Ing. Sergio Martínez
Ing. José Manuel Rojas*

A:

*Toda aquella persona que en el transcurso de mi
vida, ha dejado huella.*

A:

Los que me faltaron.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE _____	I
ÍNDICE DE TABLAS _____	VII
ÍNDICE DE FIGURAS _____	IX
ÍNDICE DE GRÁFICAS _____	XIV
INTRODUCCIÓN _____	XV
OBJETIVO _____	XVI
1.- ANTECEDENTES _____	1
1.1. MARCO FÍSICO	
1.1.1 Ubicación Geográfica de la Delegación _____	3
1.1.2 Perímetro y Límites Delegacionales _____	4
1.1.3 Superficie _____	4
1.1.4 Características Físicas _____	4
1.1.5 Características Meteorológicas _____	5
1.1.6 Características Geológicas _____	6
1.1.7 Características Hidrográficas _____	7

1.2 MARCO URBANO

1.2.1	Cronología del Desarrollo Urbano de la Delegación y Desarrollo Hidráulico del Distrito Federal	8
1.2.2	Población	
1.2.2.1	Nivel de Instrucción	15
1.2.2.2	Proyección de la Población	16
1.2.2.3	Vivienda	17
1.2.3	Economía	18
1.2.4	Uso de suelo	18

1.3 INFRAESTRUCTURA ACTUAL DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS

1.3.1	Agua Potable	19
1.3.2	Captación, Conducción e Interconexión	20
1.3.3	Almacenamiento	21
1.3.4	Distribución	
1.3.4.1	Red Primaria	22
1.3.4.2	Red Secundaria	23
1.3.4.3	Tomas Domiciliarias	23

2.- FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS HIDRÁULICOS

2.1 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

2.1.1	Fuentes de Abastecimiento	24
2.1.2	Capitación	26
2.1.3	Conducción	27
2.1.4	Distribución	29

2.2 TIPOS DE REDES

2.2.1 Tipos de Redes de Distribución de Acuerdo con la Manera en la que están

Trazadas en un Plano

2.2.1.1	Red Abierta y Ramificada	29
2.2.1.2	Red Cerrada o en Malla	30
2.2.1.3	Red Combinada	31

2.2.2 Tipos de redes de distribución de acuerdo con sus funciones

2.2.2.1	Red Primaria	31
2.2.2.2	Red Secundaria	
2.2.2.2.1	Red Secundaria Convencional	31
2.2.2.2.2	Red Secundaria en Dos Planos	32
2.2.2.2.3	Red Secundaria en Bloques	32

2.2.3 Tipos de Redes de Acuerdo con su Distribución

2.2.3.1	Por Gravedad	33
2.2.3.2	Por Bombeo	33
2.2.3.3	Distribución Mixta	34

2.3 COMPONENTES DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

2.3.1	Tuberías	35
2.3.2	Piezas Especiales	35
2.3.2.1	Juntas	35
2.3.2.2	Empaques	35
2.3.2.3	Tornillos	36
2.3.2.4	Cruceros	36
2.3.2.5	Válvulas	
2.3.2.5.1	Válvulas de Seccionamiento	36
2.3.2.5.2	Válvulas Reductororas de Presión	37
2.3.3	Tomas Domiciliarias	38

2.4	TANQUES	
2.4.1	Almacenamiento _____	39
2.4.2	Regulación _____	40
2.4.3	Alimentación de Zonas Alta de Presión _____	41
2.4.4	Rebombeo _____	41
2.5	POZOS	
2.5.1	Clasificación de los Pozos _____	43
2.5.2	Hidráulica de Pozos _____	43
2.6	PREDICCIÓN DE LA POBLACIÓN Y SUS GASTOS	
2.6.1	Población Según el Último Censo Oficial _____	44
2.6.2	Cálculo de la Población por un Modelo Aritmético _____	45
2.6.3	Gasto Medio Diario _____	46
2.6.4	Gasto Máximo Diario _____	46
2.6.5	Gasto Máximo Horario _____	46
3.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
3.1	Introducción _____	47
3.2	Definiciones _____	47
3.3	Evolución Histórica _____	49
3.4	Funciones _____	51
3.5	Tipos de Sistemas de Información Geográfica	
3.5.1	SIG Raster _____	52
3.5.2	SIG Vectoriales _____	53
3.5.3	Otros Tipos de SIG _____	55
3.6	Ventajas y Desventajas de los Modelos Raster y Vectorial _____	56
3.7	Arc View 3.2 _____	57

4.	REPRESENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
4.1.	REPRESENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA URBANA DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO	
4.1.1.-	Representación de Ubicación Geográfica de la Delegación Gustavo A. Madero	58
4.1.2.-	Representación de la Superficie de la Delegación con Ortofoto	59
4.1.3.-	Representación de la Superficie de la Delegación	60
4.1.4.-	Representación de las Colonias de la Delegación	61
4.1.5.-	Representación de la Población de la Delegación	63
4.1.6.-	Representación del Equipamiento Urbano de la Delegación	64
4.1.7.-	Representación del Uso de Suelo Mixto de la Delegación	65
4.1.8.-	Representación de los Corredores Urbanos de la Delegación	66
4.1.9.-	Representación de las Avenidas Principales de la Delegación	67
4.1.10.-	Representación de las Curvas de Nivel de la Delegación	68
4.1.11.-	Representación de las Elevaciones Principales de la Delegación	69
4.1.12.-	Representación de las Estaciones Meteorológicas de la Delegación	70
4.1.13.-	Representación de las Características Geológicas de la Delegación	71
4.2	REPRESENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO	
4.2.1.-	Representación de los Pozos de Extracción de Agua de la Delegación	72
4.2.2.-	Representación de los Tanques de Almacenamiento de Agua Potable de la Delegación	75
4.2.3.-	Representación de Redes	
4.2.3.1.-	Representación Red Primaria de Agua Potable de la Delegación	81
4.2.3.2.-	Representación Red Secundaria de Agua Potable de la Delegación	82
4.2.3.3.-	Representación Red Primaria y Secundaria de Agua Potable de la Delegación	83

4.3.- REPRESENTACIÓN DEL SUMINISTRO ACTUAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE.

4.3.1.- Representación de las Colonias Sin Servicio	84
4.3.2.- Representación de las Colonias con Mayor Índice de Fugas	86
4.3.3.- Representación de las Colonias con Baja Presión	88
4.3.4.- Representación de las Colonias con Servicio Intermitente o Falta de Agua	90

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones	91
5.2 Recomendaciones	93

BIBLIOGRAFÍA	94
---------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Capítulo 1	
Tabla 1.1.- Áreas y extensiones _____	4
Tabla 1.2.- Características físicas _____	4
Tabla 1.3.- Elevaciones principales por coordenadas geográficas y coordenada UTM _____	4
Tabla 1.4.- Altitud _____	5
Tabla 1.5.- Estaciones meteorológicas _____	5
Tabla 1.6.- Clima _____	5
Tabla 1.7.- Temperatura y precipitación _____	5
Tabla 1.8.- Características geológicas _____	6
Tabla 1.9.- Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas _____	6
Tabla 1.10.- Tasa de crecimiento de la población _____	15
Tabla 1.11.- Nivel de instrucción _____	15
Tabla 1.12.- Proyección de la población _____	16

Tabla 1.13.- Principales características de la vivienda	17
Tabla 1.14.- Principales características de las unidades económicas	18
Tabla 1.15.- Tipo de usos de suelo	18
Tabla 1.16.- Resumen de la infraestructura de agua potable	19
Tabla 1.17.- Pozos	20
Tabla 1.18.- Líneas de Interconexión	21
Tabla 1.19.- Tanques	21
Tabla 1.20.- Red primaria	22
Tabla 1.21.- Red secundaria	23
Tabla 1.22.- Tomas domiciliarias	23
 Capítulo 2	
Tabla 2.1.- Tasa de crecimiento de la población de densidad bruta	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Capítulo 1	
Fig. 1.1 Municipios conurbados _____	1
Fig. 1.2 Espacios verdes y zona urbana _____	2
Fig. 1.3 Equipamiento urbano _____	3
Fig. 1.4 Ubicación geográfica _____	3
Fig. 1.5 Elevaciones principales _____	5
Fig. 1.6 Estaciones meteorológica _____	6
Capítulo 2	
Fig. 2.1 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable _____	24
Fig. 2.2 Esquema de red abierta _____	30
Fig. 2.3 Esquema de red cerrada _____	31
Fig. 2.4 Esquema de una red secundaria convencional _____	32

Fig. 2.5 Esquema de una red secundaria en dos planos _____	32
Fig. 2.6 Esquema de una red secundaria convencional en bloques _____	33
Fig. 2.7 Esquema de la distribución por gravedad _____	33
Fig. 2.8 Esquema de la distribución mixta _____	34
Fig. 2.9. Esquema ilustrativo de una toma domiciliaria típica _____	38
Fig. 2.10 Tipo de pozos _____	43
Fig. 2.11 Flujo térmico de un cono de abatimiento _____	44
 Capítulo 3	
Fig. 3.1 Esquema Conceptual de un SIG _____	49
Fig. 3.2 Funciones Características de un SIG _____	52
Fig. 3.3 Fundamentos de la representación raster en un SIG _____	52
Fig. 3.4 Fundamentos de la representación vectorial en un SIG _____	54
Fig. 3.5 Representación con estructura ARCO/NODO _____	54
Fig. 3.6 Sistemas de Información Geográfica de tipo mixto _____	55

Capítulo 4

Fig. 4.1 Ubicación geográfica	58
Fig. 4.2 Ortofoto	59
Fig. 4.3 Superficie delegacional	60
Fig. 4.4 Colonias de la delegación	61
Fig. 4.5 Vista de la información de las colonias desde el programa Arc View	62
Fig. 4.6 Población de la delegación	63
Fig. 4.7 Equipamiento urbano	64
Fig. 4.8 Uso de suelo mixto	65
Fig. 4.9 Corredores urbanos	66
Fig. 4.10 Avenidas principales	67
Fig. 4.11 Curvas de nivel	68
Fig. 4.12 Elevaciones principales	69
Fig. 4.13 Estaciones meteorológicas	70
Fig. 4.14 Características geológicas	71
Fig. 4.15 Pozos de extracción	72

Fig. 4.16	Detalle de los pozos	73
Fig. 4.17	Vista de la información de los pozos desde el programa Arc View	74
Fig. 4.18	Tanques de almacenamiento	75
Fig. 4.19	Tanques de almacenamiento zona norte de la delegación	76
Fig. 4.20	Tanques de almacenamiento zona centro de la delegación	77
Fig. 4.21	Vista de la captura de datos de los tanques en el programa Arc View	78
Fig. 4.22	Vista de la información del tanque GM-2 desde el programa Arc View	79
Fig. 4.23	Zonas de influencia de los tanques de abastecimiento	80
Fig. 4.24	Red primaria de la delegación	81
Fig. 4.25	Red secundaria de la delegación	82
Fig. 4.26	Red primaria y secundaria de la delegación	83
Fig. 4.27	Colonias sin servicio	84
Fig. 4.28	Problemática del servicio en las colonias	85
Fig. 4.29	Colonias con mayor índice de fugas	86
Fig. 4.30	Problemática de las colonias con mayor índice de fugas	87

Fig. 4.31 Colonias con baja presión _____	88
Fig. 4.32 Problemática de las colonias con baja presión _____	89
Fig. 4.33 Colonias con servicio intermitente o falta de agua _____	90
Capítulo 5	
Fig. 5.1 Diagrama operacional _____	
	93

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Capítulo 1	
Gráfica 1.1 Población _____	15
Gráfica 1.2 Proyección de la población _____	16
Gráfica 1.3 Uso de suelo _____	18
 Capítulo 3	
Gráfica 3.1 Tendencias de desarrollo de los principales componentes de los SIG _____	50

INTRODUCCIÓN

La ciudad de México, con tasas elevadas de crecimiento poblacional, demanda el suministro de agua potable a niveles de servicio congruentes con el desarrollo del Distrito Federal.

Esto ha motivado la sobreexplotación de los mantos acuíferos, que aunado con la alta sismicidad de la región, propicia asentamientos del terreno y dislocamiento de tuberías de agua potable, con las inherentes fugas. Así mismo, la necesidad de importar agua de nuevas fuentes de abastecimiento cada vez más lejanas.

Es indispensable disponer de una adecuada planeación para dotar de agua potable y para satisfacer las necesidades de la población del Distrito Federal, debido a que este es un recurso limitado, además de que la demanda del servicio crece permanentemente provocando aún más el problema de escasez.

Si no se toman las medidas preventivas para preservar los recursos hidráulicos, la Ciudad de México tendería, en un mediano plazo, a frenar su desarrollo.

Para continuar con la operación, mantenimiento y desarrollo de la infraestructura de agua potable, se requiere de fuertes inversiones económicas y también la aplicación de nuevas tecnologías para consolidar de manera apropiada el servicio en el Distrito Federal que continúa creciendo debido a la demanda de la población.

El capítulo 1 refiere los antecedentes históricos de la Delegación, comprendiendo, el marco físico, el marco urbano y la infraestructura de agua potable.

El capítulo 2 hace referencia a los fundamentos de los sistemas de agua potable que contribuyen en el abastecimiento de una zona urbana como es la Delegación.

El capítulo 3 nos precisa los Sistemas de Información Geográfica, comprendiendo sus definiciones, evolución histórica, sus funciones, tipos de sistemas, ventajas y desventajas.

En el capítulo 4 se representa la información generada a través de Software Arc View 3.2, sobre la infraestructura urbana de la Delegación, de la misma forma se representa la infraestructura hidráulica y la problemática actual del abastecimiento de agua potable propia de la Delegación.

Esta nueva tecnología nos ayuda a establecer las acciones a realizar, sus alcances y sus adecuaciones, bajo una estrategia definida y de esta forma alcanzar las metas planeadas para lograr los mayores beneficios.

OBJETIVO

Localizar a través de un Sistema de Información Geográfica lo referente a la infraestructura hidráulica de agua potable de la Delegación Gustavo A. Madero de tal manera que las consultas referentes a ésta, sean de fácil manejo, así mismo nos permita un mejor control de la información, planeación y elaboración de estrategias en la solución de la problemática propia de la Delegación que garanticen la sustentabilidad del recurso de agua potable a los pobladores de la Delegación.

1.- ANTECEDENTES

La delegación Gustavo A. Madero forma parte del primer contorno del Distrito Federal, tiene una fuerte relación con los municipios conurbanos del Estado de México que la rodean, al norte colinda con Coacalco, Tlalnepantla, Ecatepec y Tultitlán. Existe estrecha comunicación vial con dichos municipios, como por ejemplo: la Av. Hank González o Av. Central que comunica la zona de Aragón con el municipio de Ecatepec, la Av. Congreso de la Unión que continúa por la Vía Morelos hacia el norte, la Av. de los Insurgentes Norte que se convierte en la Autopista Federal No 85 a Pachuca, Anillo Periférico arco norte del cual un tramo forma parte del Municipio de Tlalnepantla, Av. Chalma la Villa que continúa por Av. Santa Cecilia en el Municipio de Tlalnepantla (ver figura 1.1).

Entre las áreas más importantes que tienen una estrecha vinculación están las zonas de las colonias:

- Acueducto de Guadalupe Las Palomas; colinda con el municipio de Tlalnepantla.
- Coyotes Montañista; colinda con el municipio de Tlalnepantla.
- Ticomán San Juanico; colinda con el municipio de Tlalnepantla.
- Nueva Atzacolco Xalostoc; colinda con el municipio de Ecatepec

- San Juan de Aragón Ciudad Lago; colinda con el municipio de Nezahualcóyotl.

De los municipios que tienen colindancia con la delegación el que tiene una mayor afluencia vehicular diaria es el municipio de Nezahualcóyotl, ya que existen grandes zonas netamente habitacionales en donde es importante el flujo de gente que arriba al Distrito Federal procedente de esa zona. Actualmente la única vialidad por la que se tiene acceso es la Av. Central o Av. Carlos Hank González por donde transita la línea B del Metro.

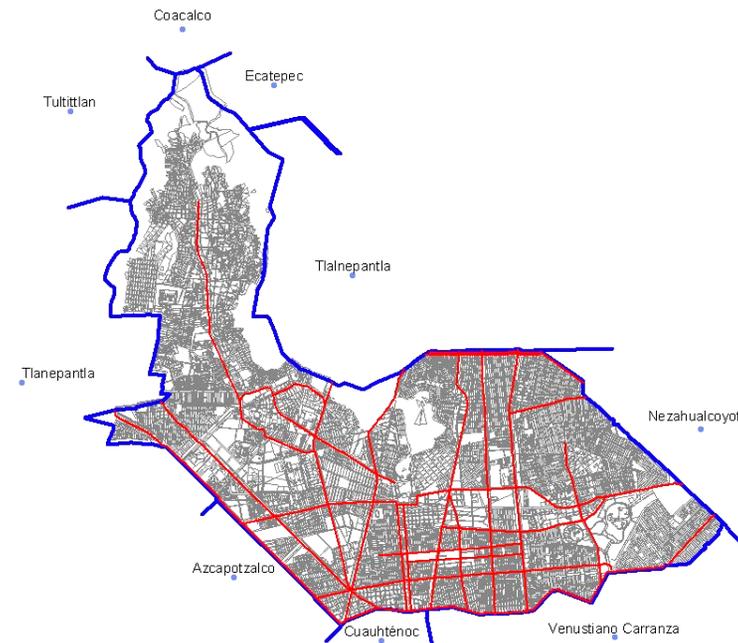


Fig. 1.1 Municipios conurbanos

La estructura vial primaria se encuentra consolidada en la porción sur de la delegación, y sólo una parte de la misma sirve de paso hacia los municipios conurbados.

Otro aspecto importante en la delegación es la relación y comunicación que existe hacia los municipios conurbados a través del transporte eléctrico y colectivo el cual vincula las actividades de ambas entidades.

Por otra parte, su relación interdelegacional es muy importante con la delegación Venustiano Carranza, ya que existe una interdependencia en relación del equipamiento urbano y una mayor permeabilidad tanto de flujo vial como de actividades comerciales; pues se encuentra la zona industrial compartida entre ambas delegaciones, lo que también induce un gran volumen de tránsito de carga.

El impacto que tiene la delegación por ser una de las más importantes a nivel regional, se ve reflejado en los servicios de transporte, en el impacto de los vehículos automotores que diariamente transitan por sus principales vialidades, ya que gran parte de los habitantes de los municipios conurbados del norte llegan por la carretera México-Pachuca y la población flotante que genera la transferencia de medios de transporte, la atención a la salud y la educación media superior y superior.

La Sierra de Guadalupe tiene una importancia considerable para el área conurbada ya que es una de las pocas áreas naturales protegidas con que cuenta la zona norte de la ciudad, pues aunque no es una zona que tenga fácil acceso, es uno de los pocos pulmones naturales que se tienen actualmente.

La delegación Gustavo A. Madero tiene una superficie de 86.62 km², de la cual aproximadamente el 14.62% corresponde a espacios verdes y el 85.38% a zonas urbanas (ver figura 1.2).



Fig. 1.2 Espacios verdes y zona urbana.

Dentro de su equipamiento urbano se puede citar: al Colegio de Ciencias y Humanidades Vallejo de la UNAM y al Instituto Mexicano del Petróleo en servicios educativos e investigación; a la Basílica de Guadalupe en servicios religiosos; a los centros deportivos Oceanía, Eduardo Molina, Los Galeana, la Unidad Morelos del IMSS, al zoológico de San Juan de Aragón y al Parque Nacional de Tepeyac en materia deportiva y recreativa; en salud y seguridad social cuenta con los hospitales Magdalena de las Salinas y La Raza del IMSS, el Primero de Octubre del ISSSTE y el Reclusorio Norte, entre otros (ver figura 1.3).

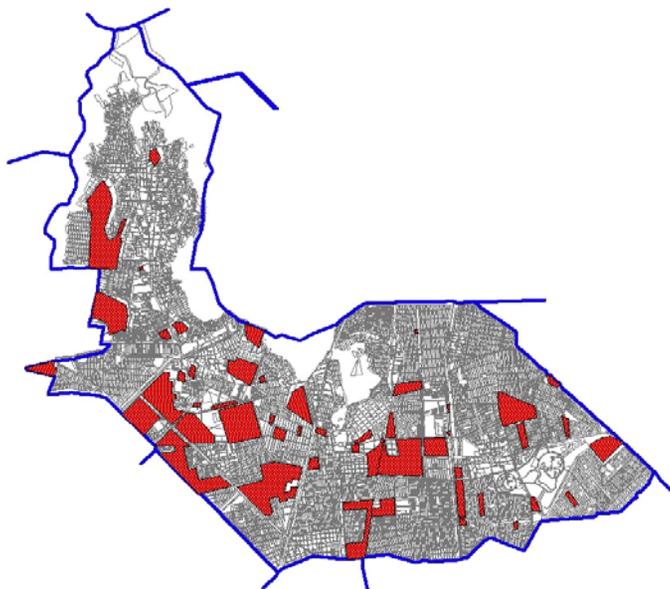


Fig. 1.3 Equipamiento urbano.

Sus principales vialidades son: de Norte a Sur, la calzada Vallejo, el Eje Central, la avenida Insurgentes, la calzada Misterios, el Eje 1 Oriente Ferrocarril Hidalgo, el Eje 2 Oriente Congresos de la Unión, el Eje 3 Oriente Ing. Eduardo Molina y la Avenida Venustiano Carranza. De Oeste a Este, el Eje 3 Norte Robles Domínguez, el Eje 4 Norte Talismán y el Eje 5 Norte Montevideo. Adicionalmente cuenta con las líneas 3, 4, 5 y línea B del Servicio de Transporte Colectivo.

En servicios hidráulicos, el 98% de los habitantes cuenta con el servicio domiciliario de agua potable, el resto de la población recibe el suministro de agua a través de carros tanque, la cobertura del drenaje es del 93% y cuenta con servicio de agua residual tratada para uso industrial y riego de áreas verdes.

1.1 MARCO FÍSICO

1.1.1 Ubicación Geográfica de la Delegación

En la figura 1.4 se representa la ubicación geográfica de la delegación.

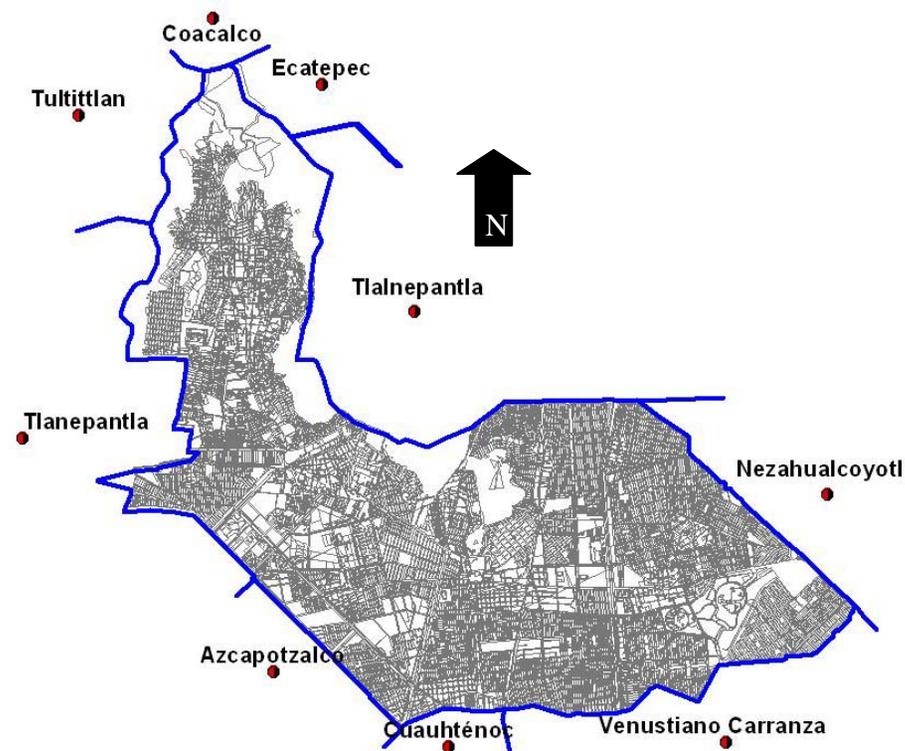


Fig. 1.4 Ubicación geográfica.

1.1.2 Perímetro y Límites Delegacionales

Se encuentra al norte del Distrito Federal, tiene una extensión de 86.62 km². Colinda con los municipios de Coacalco de Berriozábal, Tlalnepantla de Baz, Ecatepec de Morelos, Nezahualcóyotl y Tultitlán y con las delegaciones Venustiano Carranza, Cuauhtémoc y Azcapotzalco.

1.1.3 Superficie

En la tabla 1.1 se muestra las áreas y extensiones de la delegación.

Áreas y extensiones			
Área	Extensión (ha)	Porcentaje con respecto a la delegación	Porcentaje con respecto al Distrito Federal
Urbano	73.96	85.38	4.98
Ecológico	12.66	14.62	0.85
TOTAL	86.62	100	5.83

Fuente: Plataforma Delegacional Gustavo A. Madero, 2009-2012.

Tabla 1.1 Área y extensiones

1.1.4 Características Físicas

En la tabla 1.2 se detallan las características físicas, así mismo en la tabla 1.3 se muestra la elevaciones principales (ver figura 1.5) y en la tabla 1.4., la altitud de la Delegación.

Características Físicas						
Zona Geográfica	Provincia	Subprovincia	Sistema de topóformas	% de la superficie delegacional	Altitud media	Pendiente
Altiplano Mexicano	Eje Neovolcánico	Lagos y volcanes de Anáhuac	Sierra con escudo volcanes	10.00	2,240	Nula en el oriente, sur y poniente
			Lomería	2.00		
			Llanura aluvial	24.00		
			Llanura lacustre	50.00		
			Llanura lacustre salina	14.00		

Fuente: Atlas Cartográfico de la Ciudad de México

Tabla 1.2 Características físicas.

Elevaciones principales					
Nombre	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (msnm)	Coordenadas UTM X	Coordenadas UTM Y
Cerro Picacho Grande	19°35'	99°08'	2,750	486016.0853	2165250.312
Cerro Chiquigüite	19°32'	99°08'	2,730	486011.7753	2159717.868
Cerro Zacatenco	19°31'	99°07'	2,500	487759.0504	2157872.438
Cerro El Guerrero	19°30'	99°06'	2,440	489506.6842	2156027.194
Cerro Los Gachupines	19°30'	99°06'	2,330	488048.2953	2155169.359
Cerro Tepeyac	19°30'	99°06'	2,270	487873.3921	2154677.674

Fuente: Secretaría de Obras y Servicios, estudio de la Ciudad de México, GDF

Nota: msnm: metros sobre el nivel del mar.

Tabla 1.3 Elevaciones principales por coordenadas geográficas y coordenada UTM¹.

¹ Para la conversión de coordenadas geográficas a UTM se utilizó la hoja de cálculo que ha sido realiza por Gabriel Ortiz.

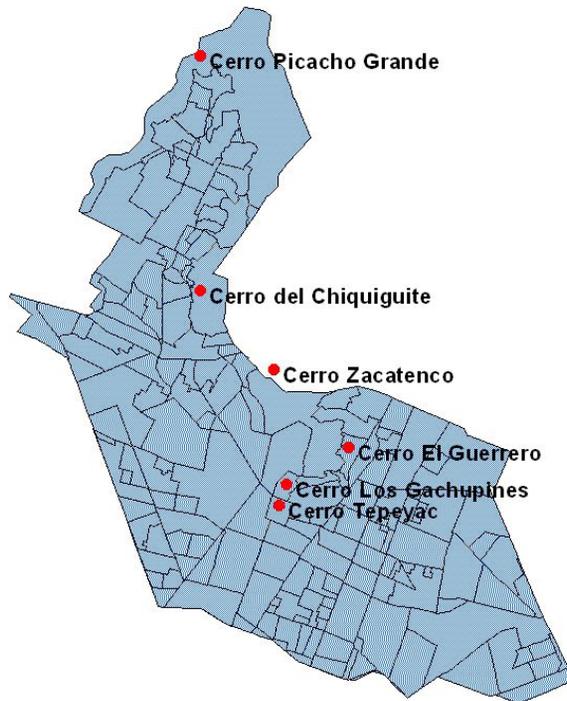


Fig. 1.5 Elevaciones principales.

Altitud		
Zona	Zona y colonias representativas	Altitud
Norte	Zona de Cuauhtepc y aledañas al Cerro del Chiquihuite.	2,300 a 2,500
Oeste	Nueva Industrial Vallejo, Lindavista, Guadalupe Proletaria, Torres de Lindavista, Politécnico.	2,200
Este	Zona de San Juan de Aragón, Bosque San Felipe De Jesús, Providencia.	2,200
Centro	Zonas aledañas al cerro del Tepeyac, Gabriel Hernández, Estazuela.	2,250 a 2,300

Fuente: Secretaría de Obras y Servicios, estudio de la Ciudad de México, GDF

Tabla 1.4 Altitud.

1.1.5 Características Meteorológicas

Para referenciar las características meteorológicas, a continuación se muestran las siguientes tablas: Estaciones meteorológicas tabla 1.5 (figura 1.6), Clima; tabla 1.6 y temperatura y precipitación tabla 1.7

Estaciones meteorológicas					
Estación	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud	Coordenadas UTM X	Coordenadas UTM Y
Gran Canal	19°29'	99°05'	2,240msnm	491254.4496	2154337.602
Hacienda la pradera	19°30'	99°09'	2,240msnm	484259.6106	2156186.616

Fuente: INEGI, Atlas Climaticote la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Tabla 1.5 Estaciones meteorológicas.

Clima	
Clima	% dentro del territorio delegacional
Templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad	56.00
Semiseco templado	44.00

Fuente: INEGI, Carta de Clima, 1:1 000 000.

Tabla 1.6 Clima.

Temperatura y precipitación		
Temperatura		Precipitación acumulada promedio en el 2005
Mínima:	9.4°C	298.9
Media:	17.0°C	
Máxima	24.7°C	

Fuente: SACM departamento automatización y medicion, GDF

Tabla 1.7 Temperatura y precipitación.



Fig. 1.6 Estaciones meteorológica.

1.1.6 Características Geológicas

De acuerdo a la zonificación, desde el punto de vista estratigráfico, el Distrito Federal presenta tres tipos de zonas (ver tabla 1.8).

- Lomas, conformada por gravas, arenas, bloques, basaltos y piroclásticas.
- Transición, conformada por arcilla; arena y grava.
- Fondo de lago, conformada por tobas, limos, arcillas y arenas finas.

Características geológicas				
Era	Periodo	Roca o suelo	Unidad litológica	% de la superficie delegacional
Cenozoico	Cuaternario	Suelo	Aluvial	16.03
			Lacustre	5.62
	Terciario	Ígnea extrusiva	Brecha volcánica básica	20.68
			Brecha volcánica básica	
			Andesita	
			Volcanoclástica	Volcanoclástica
		Total		100.00

Fuente: INEGI Carta Geológica, 1:250 000

Tabla 1.8 Características geológicas.

El subsuelo de la delegación se encuentra integrado por las siguientes zonas: la de lago (al sur), constituida por las formaciones arcillosa superior e inferior, con gran relación de vacíos, entre estos dos estratos se encuentra una lente de arena y limo de poco espesor llamada "capa dura"; a profundidades mayores, se tienen principalmente arenas, limos y gravas.

Hacia la parte norte, las dos formaciones de arcilla se hacen más delgadas hasta llegar a la zona de transición, la cual está constituida por intercalaciones de arena y limo (en una franja de aproximadamente 3 km de ancho); con propiedades mecánicas muy variables.

La zona de lomas está compuesta por piroclastos, aglomerados, tobas y horizontes de pómez, con esporádicos de lavas y depósitos de aluvión conformados por gravas y arenas.

1.1.7 Características Hidrográficas

En la siguiente tabla se muestra las regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas;

Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas			
Región	Cuenca	Subcuenca	% de la superficie delegacional
Pánuco	R. Moctezuma	L. de Texcoco-Zumpango	100.00

Fuente: INEGI Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000.

Tabla 1.9 Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas.

Existen cinco cauces dentro de la delegación que conjuntamente presentan una longitud de 26 Km.

Río de los Remedios. Este cauce tiene una longitud total de 15.3 km, de los cuales 4.1 km se localizan dentro de la delegación. Nace con la descarga del Vaso del Cristo en la avenida López Mateos y la calzada de las Armas, en el municipio de Tlalnepantla (Estado de México); está limitado al norte y poniente por la cuenca del río Tlalnepantla, al oriente por la zona del Lago de Texcoco y al sur por el límite entre el Estado de México y el Distrito Federal.

Río Tlalnepantla. Cuenta con una longitud de 13.5 km, de los cuales 2.9 km se localizan dentro de la delegación. Nace en la Sierra de Monte Alto y está limitado al norte por la cuenca de los ríos Cuautitlán y San Javier, al sur por las cuencas de los ríos Totolica y Chico de los Remedios y al poniente con el parteaguas de la cuenca del valle de México.

Río San Javier. De los límites con el Estado de México hasta su descarga con el río de los Remedios cuenta con una longitud de 25 km, de los cuales 2.5 km están dentro de la delegación, por su margen izquierda recibe la descarga del río Cuauhtepac.

Río Temoluco. Tiene una longitud de 2.6 km, desde su nacimiento hasta su descarga en el colector del mismo nombre (en las inmediaciones del Reclusorio Norte), dentro de la delegación sólo se encuentran 1.8 km, este cauce drena las aguas pluviales y residuales de las colonias Compositores Mexicanos, Lomas de Cuauhtepac y Chalma de Guadalupe.

Río Cuauhtepac. La longitud del río Cuauhtepac es de 6.8 Km, se localiza en la parte norte del Distrito Federal y descarga sus aguas al río San Javier.

1.2 MARCO URBANO

1.2.1 Cronología del Desarrollo Urbano de la Delegación y Desarrollo Hidráulico del Distrito Federal

A continuación se enlistan los principales hechos históricos:

100 A. C. al 100 D. C. Periodo de florecimiento de la cultura de Zacatenco.

1325 Los Aztecas utilizaron la madera para las obras hidráulicas, como los diques y albarradones para controlar las aguas del lago de Texcoco.

Siglo XV Los Aztecas construyeron la calzada y dique de Tepeyac para retener, en la parte occidental del lecho lacustre, las aguas dulces de los numerosos ríos que por ese lado desembocaban.

1449 Con el fin de proteger la ciudad de las inundaciones, Nezahualcóyotl construyó un extenso dique de piedra y estacas que iba de Azcapotzalco al Cerro de la Estrella. Esta albarrada fue la mayor obra de ingeniería hidráulica que realizaron los indígenas.

Siglo XVI Aparecen las primeras haciendas, la más antigua es la hacienda de la Escalera.

1521 A la caída de Tenochtitlán, los primeros cambios hechos a la ciudad por los españoles, fueron cegar canales destruyendo el sistema de drenaje de los aztecas.

1531 Aparición de la virgen de Guadalupe en lo que alguna vez fue un centro ceremonial Azteca (Tepeyac). Se construye la primera ermita y antecesora de la Basílica de Guadalupe.

1533 Se funda el pueblo de Guadalupe, en un terreno árido a la orilla del vaso de Texcoco y al pie del cerro del Tepeyac. El 26 de diciembre se estrena el primer templo dedicado a la virgen de Guadalupe, donde se colocó su imagen, ubicándose en el cerro del Tepeyac.

1554 El abastecimiento de agua potable a la ciudad, seguía siendo por el mismo acueducto que construyeron los aztecas.

1555 El 17 de septiembre, una inundación cubrió por completo la ciudad, a tal grado que durante cuatro días los habitantes tuvieron que transportarse en canoas.

1556 El 7 de septiembre los lagos y ríos suben su nivel a causa de las lluvias y de haber puesto el agua del río Cuautitlán en el lago Citlaltépetl. Se termina la construcción del dique de San Lázaro desde la actual calzada de Guadalupe hasta la actual calzada de San Antonio Abad.

1580 Se inunda de nuevo la ciudad.

1605 Se construye la presa de Oculma para desviar del lago de Texcoco el río Teotihuacan.

1607 El valle se inunda y la ciudad se encuentra en peligro de verse invadida por las aguas. Enrico Martínez inició las obras del desagüe para evitar inundaciones.

1629 El 20 de septiembre, se desató una tormenta que duró 36 horas, que unida al caudal del río Cuautitlán, del lago de Xochimilco y de otros ríos, provocó que la ciudad quedara virtualmente bajo las aguas, llegando a tener en la parte menos honda hasta 1.68 m. Como consecuencia de ésta, se pretende cambiar a la ciudad de lugar; sin embargo por el alto costo que representaba esta medida (50 millones de pesos), se opta por realizar trabajos de infraestructura sanitaria que tuvo un valor de 4 millones de pesos.

1673 Se construye la calzada de los Misterios.

1685 El 25 de marzo se inicia la construcción de la Basílica de Guadalupe, la obra concluyó el 27 de abril de 1709.

1733 El pueblo de Guadalupe es declarado Villa.

1740 Habitan en la villa de Guadalupe 97 familias indígenas, cuyos miembros laboran en las salinas, en la hacienda de Santa Ana y como pescadores en el lago de Texcoco.

1743 Se inicia la construcción del acueducto de Guadalupe, su conclusión fue en 1751.

1737 La obra de Huehuetoca, restituyó paulatinamente la confianza entre la población, después de la inundación de 1629.

1750 Se establecen en la villa de Guadalupe 50 familias no autóctonas, la mayoría del clero.

1751 Se introduce el agua a la villa de Guadalupe mediante una cañería de 12 km de longitud.

1763 A fines de este año las aguas del sur y las de los montes del este y oeste bajan convirtiendo a la ciudad en una isla por varios meses.

1777 Se inicia la construcción de la capilla del Pocito.

1772 Una manga de agua causó grandes daños en el valle, salvándose la ciudad al encontrar el agua salida por Nochistongo.

1786 Se terminan las obras del canal de Huehuetoca y el tajo de Nochistongo.

1797 Se concluyen las obras del Templo y convento de las Capuchinas.

1795 Las arenas y atierres del río Cuautitlán fueron cegando la laguna occidental de Zumpango, reduciendo el vaso y desbordándose sobre el lago de San Cristóbal.

1796 – 1798 Se construyen dos canales, con el fin de desaguar directamente en el tajo de Huehuetoca los lagos de Zumpango y de San Cristóbal; el primero con una longitud de 8,900 m y el segundo de 1,300, respectivamente.

1828 Por decreto del 12 febrero de este año se declaró ciudad a la Villa, con el título de Guadalupe Hidalgo.

1830 Para este año la ciudad contaba con 9,040 m de cañería principal y 43,952 de cañería secundaria ambas para el abastecimiento de agua potable. Las 42 fuentes públicas existentes eran suministradas por 6,197 m de cañería principal y las fuentes privadas y casas particulares eran abastecidas por la cañería secundaria. Existían 384 tomas gratuitas y 387 gozaban del servicio sin motivo alguno.

1857 El 4 de julio se inauguró la vía férrea de la ciudad a la Villa de Guadalupe. El abastecimiento de agua a la ciudad era de 873 m³ diariamente, por el acueducto de Tlaxpana, y con 364 por el Salto del Agua; existían 144 pozos artesianos, de los cuales 24 eran para riego y 120 al servicio de casas particulares.

1861 Se divide al Distrito Federal en cinco territorios, uno de ellos era el partido Guadalupe Hidalgo con las municipalidades de Azcapotzalco y Guadalupe Hidalgo.

1865 El 19 de noviembre se cierra la compuerta del canal de Santa Martha, para salvar a la ciudad de otra inundación, pues era necesario bajar el nivel del lago de Texcoco, que ocupaba una superficie de 68,321 ha.

1897 El 24 de enero se inician las obras de desagüe de la ciudad, como las atarjeas para los residuos domésticos, colectores para recogerlos y tubos de distribución de agua para el lavado de las atarjeas. Toda la red de drenaje era

recibida por tres colectores generales: El Central, el del Norte y el del Sur.

1900 Se termina la obra de construcción del Gran Canal, que principia en las compuertas de San Lázaro, pasa por el cerro de Guadalupe, cruza los desecados lagos de Xalcotan y Zumpango y termina en el tajo de Nochistongo.

1905 La escasez de agua era considerada como causa permanente de insalubridad en la ciudad y a causa de este problema comienzan las obras de saneamiento; y la entubación de hierro para el suministro del agua potable se extendió considerablemente.

1913 Al terminar las obras de provisión de agua potable, la red abastecía 11,000 tomas domiciliarias.

1915 Durante el gobierno del Presidente Plutarco Elías Calles se le dio nuevamente el título de villa y el nombre de Gustavo A. Madero.

1924 A fines de este año la red de agua potable abastecía 19,669 tomas domiciliarias, incrementándose el 80% con referencia a las suministradas en 1913; para hacer frente a este aumento en el consumo de agua potable, fue necesario disminuir las horas de abastecimiento llegando hasta 11 horas diarias como promedio, quedando vacías las tuberías de la red con grave peligro para los casos de incendio. El problema más serio de este año fue el de saneamiento y desagüe ya que las instalaciones eran insuficientes para toda la ciudad. Las obras de saneamiento y desagüe no tenían sólo el objeto de mejorar las condiciones sanitarias, sino también evitar el peligro latente de las inundaciones.

Los colectores del drenaje recibían las aguas negras, las pluviales y las aguas de Tacubaya y Mixcoac, estos colectores corrían grave peligro de ahogarse en una tormenta y desbordar las aguas negras sobre las calles. Para solucionar este problema se reconstruyó el canal de San Lázaro. A fines de este año se le calculó una superficie a la ciudad de 2,975 ha, de las cuales solamente el 86% se encontraba servida con drenaje.

1927 Para este año existían 22,452 tomas privadas; hubo un incremento en las tuberías de 21,000 m con una longitud total de 313,085 m para toda la ciudad. El gobierno del Distrito Federal estaba a cargo del Presidente de la República, quién lo ejercía por medio de un organismo administrativo y político llamado Departamento del Distrito Federal. Se construyen las presas de Tecamachalco y Dolores al oeste de la ciudad.

1930 – 1940 Durante la administración Cardenista, fueron impulsadas las obras de infraestructura, como la instalación de colectores para las aguas negras, el tendido de tuberías para agua potable, y la pavimentación de las principales calles y avenidas.

1931 Se transforma en delegación asignándole el nombre de villa Gustavo A. Madero, en memoria del revolucionario coahuilense, reduciendo su nombre a Gustavo A. Madero en 1941. Surgen en la delegación las colonias Tepeyac, Insurgentes, Industrial Vallejo, San Simón Tolnáhuac, Martín Carrera y Aragón.

1932 – 1933 El abastecimiento del agua potable era deficiente en algunas delegaciones y en otras su carencia fue total. Los sistemas de abastecimiento de agua que hasta entonces se conocían eran en obras de captación, el aljibe, la presa de derivación de agua de río, manantiales, pozos comunes y pozos artesianos; la manera de conducirla fue por medio de animales de carga, canales de tierra descubiertos, canales de madera y mampostería, conductos de fierro y de concreto, necesitándose hasta 160 km de conductos para llevar el agua a la ciudad; se almacenaba en tanques descubiertos y en tanques de concreto perfectamente cerrados. Los servicios de agua eran deficientes tanto en su calidad como en la cantidad.

1933 Se estimaba que en este año con 220,000 m³ de agua se abastecían a 600,000 hab, consumiendo 363 l/hab en 11 horas de servicio diario. En la región noroeste del río Tlalnepantla se disponía de una derivación para suministrar agua a la colonia Gustavo A. Madero. De los manantiales de Xochimilco se suministraba al antiguo Centro de la ciudad, parte de Tacubaya y a la colonia Gustavo A. Madero.

1935 Se construyeron 45 km de atarjeas y 21 se reconstruyeron; los albañales llegaron a 28 km y 13 de reconstrucción. Se termina la construcción del colector número 9, para la sanidad de las colonias Vallejo y Ampliación Vallejo.

1937 El hundimiento anual del subsuelo de la ciudad fue de 4 cm.

1938 Se instalan los monumentos conmemorativos de los Indios Verdes.

1938 - 1947 El hundimiento del subsuelo de la ciudad en estos años fue de 14 cm.

1940 Se instalan grandes fábricas en terrenos de la actual delegación. A partir de este crecimiento industrial se forman populosas colonias, entre ellas: Bondojito, Gertrudis Sánchez, La Joya, Nueva Tenochtitlán, Lindavista Industrial, Insurgentes Tepeyac, Martín Carrera.

1941 Surgen en la delegación las colonias 7 de Noviembre, Guadalupe Tepeyac, Estrella, Tres Estrellas, Ampliación, San Juan de Aragón, Granjas Modernas, Emiliano Zapata, Mártires de Río Blanco, La Joya, Nueva Tenochtitlán, Primera y Segunda sección de Gertrudis Sánchez.

1942 Se inician las obras del río Lerma.

1945 En la ciudad se construyen 12,500 m de colectores de diferentes diámetros y un túnel de 700 m de longitud y de 1.80 m de diámetro; también se hicieron 43,000 m de albañales domiciliarios en 9,800 casas. Se amplía la red de colectores y subcolectores de alivio, en una longitud total de 52,363 m; la red de atarjeas de 68,297. Se construyen 7,613 pozos de visitas sobre atarjeas y colectores y 10,500 coladeras pluviales; también se construyen cárcamos y plantas de bombeo en distintos puntos de la ciudad. Se finaliza la construcción del colector número 13 para abastecer a la población de Gustavo A. Madero.

1946 – 1952 Entre las actividades desarrolladas en estos años se hace referencia a las obras de provisión y mantenimiento del agua potable, como la construcción del sistema de bombeo de Xotepingo, la habilitación de 33 pozos artesianos para

capturar 2,000 lps y el tendido de 538,772 metros de tubería para la distribución de agua potable, incluyendo diversos pueblos de varias delegaciones y colonias proletarias. También se señala que en épocas de lluvia la ciudad sufría inundaciones de aguas negras y pluviales; esta situación obedecía principalmente tres causas que eran: la incapacidad de los colectores y atarjeas para evacuar el agua pluvial, el hundimiento acelerado del subsuelo de la ciudad y el retardo en la evacuación del agua, debido a la disminución de la pendiente del Gran Canal.

1948 – 1954 El hundimiento del subsuelo de la ciudad en promedio fue de 30 cm, y en algunas partes llegó hasta los 50 cm.

1950 Se construye la Plaza de las Américas. Nacen en la delegación las colonias Triunfo de la República, la Dinamita, Gabriel Hernández, Panamericana, Defensores de la República y principia Lindavista. Según el censo de este año en la delegación se contaba con 16,616 viviendas con agua entubada, 23,252 se abastecían de agua potable por medio de una sola toma para varias viviendas, albijes, pozos o recurrían a la llave pública y 1,096 viviendas sin agua.

1956 Se construyen en la ciudad cuatro vasos reguladores con capacidad total de 3.5 millones de m³, que almacenaban el agua del río de los Remedios, sin problemas de desbordamiento.

1959 Nacen en la delegación las colonias Aragón, Inguarán, Ampliación San Juan de Aragón, Santa Coleta, San Pedro el Chico, la zona industrial Granjas Modernas, ampliación Casas Alemán, Salvador Díaz Mirón, Atzacocalco, Vasco de

Quiroga, Del Obrero, Villa Hermosa, J. González Romero, Churubusco Tepeyac, Montevideo, San Juan de la Escalera, Cuauhtepac de Madero y Cuauhtepac el Alto.

1960 El abastecimiento de agua potable en la delegación era el siguiente: 30,927 viviendas contaban con agua entubada dentro de la misma, 65,960 contaban con agua entubada dentro del edificio pero fuera de la vivienda y 6,550 no contaban con agua.

1964 El 20 de noviembre es inaugurado el Zoológico de San Juan de Aragón. Finaliza la construcción por parte del D. D. F. del Deportivo San Juan de Aragón unidad 7 y el Deportivo San Juan de Aragón Oceanía. El 15 de noviembre se inaugura la Unidad Habitacional de San Juan de Aragón.

1966 Se terminan las ampliaciones de la red de colectores con 520 km, 2900 km de atarjeas y la instalación de 29 plantas de bombeo ubicadas en diversas zonas de la ciudad. En el gran canal se amplían y construyen entre los km 0 y 7, plantas de bombeo intercalados con la red de alcantarillado, con descarga en los colectores del gran canal de desagüe, que era el único emisor de eliminación de aguas negras y pluviales de la capital, hasta lograr una capacidad de 173 m³/s.

1967 Se inicia la magna obra llamada Drenaje Profundo. El 19 de junio se inician las obras de construcción del Sistema de Transporte Colectivo Metro.

1970 Se terminan las obras de construcción de 21 tanques de regularización, con capacidad conjunta de 484,000 m³, un tanque de oscilación, más de 67,640 km en la red primaria de agua y 443,683 km en la red secundaria. El 29 de diciembre la Ley orgánica del D. D. F., divide al Distrito Federal en 16 delegaciones eliminando los doce cuarteles y repartiéndolos en las delegaciones. Surgen dentro de la delegación las colonias 25 de Julio, Campestre Aragón, Cuchilla del Tesoro, Lindavista Vallejo Benito Juárez, Castillo Grande y Loma de la Palma. El abastecimiento de agua potable en la delegación era el siguiente: 116,147 viviendas contaban con agua entubada dentro de la misma, 69,695 se abastecían por la llave pública o contaban con agua entubada dentro del edificio pero fuera de la vivienda y 9,493 no contaban con agua; en cuanto al drenaje, 157,547 viviendas contaban con él y 37,788 carecían de él.

1974 Se inician las obras de la Nueva Basílica de Guadalupe, su conclusión fue el 11 de octubre de 1976.

1975 Se inaugura el 9 de junio la obra de drenaje profundo, constituyendo la cuarta salida artificial de las aguas de la cuenca de México. Este sistema de drenaje eliminaba el riesgo de una inundación catastrófica, que la plaza de la constitución ya se encontraba a más de 5 m abajo del nivel de las aguas negras del Gran Canal.

Esta magnífica obra está compuesta de dos interceptores y un emisor central; el interceptor oriente con un diámetro de 5 m, una longitud de 10.3 km y una capacidad de conducción de 85 m³/s; el interceptor central cuenta con un diámetro de 5 m, con longitud de 7.9 km y una capacidad de conducción de 90 m³/s.

Estos dos interceptores son recogidos por el emisor central, que cuenta con un diámetro de 6.5 m, su longitud es de 50 km y su capacidad de conducción es de 220 m³/s. En conjunto el sistema de drenaje llega a los 68 km de extensión y consta de 35 lumbreras.

1978 Es inaugurado por los reyes de España el Parque Recreativo y Cultural Gustavo A. Madero.

1979 El sistema de transporte colectivo Metro para este año ya era la columna vertebral del transporte. Constaba de 98 trenes en tres líneas, con una red de 41.52 km de longitud y transportaba 2 millones 555 mil personas diariamente.

1980 El abastecimiento de agua potable y drenaje a la delegación era el siguiente: 193,155 viviendas contaban con agua entubada dentro de ellas; 70,598 contaban con agua entubada dentro del edificio pero fuera de la vivienda o recurrían a la llave pública; 16,045 no contaban con agua; 240,721 contaban con drenaje y 39,068 lo carecían.

Surgen en la delegación las colonias Unidad Habitacional N. Bassols, la U. Habitacional C. T. M., Villa de Aragón, Vallejo, la Patera, Nueva Industrial Vallejo, Torres Lindavista, Barrio La Purísima, Ticomán, Siete Maravillas, Barrio la Laguna Ticomán, La Pastora, Acueducto Guadalupe, Jorge Negrete, El Arenal, Zona Escolar, Barrio Tablas Santa Teresa, San Lucas, del Bosque, San Miguel del Rosario, Cocoyotes, Chalma de Guadalupe, General Felipe Barriozábal, Palmatitla y La Casilda.

1990 Fue creada la Zona Patrimonial de Preservación y Conservación de Equilibrio Ecológico de la Sierra de Guadalupe en una superficie de 687 ha.

1999 En las últimas décadas la expansión del área urbana alcanzó la Sierra de Guadalupe en la zona de Cuauhtepac, en donde actualmente se detectan los principales problemas de asentamientos irregulares y deficiencias en la dotación de servicios básicos.

1.2.2 Población

La siguiente tabla muestra claramente el crecimiento de la población Delegacional en los últimos 50 años.

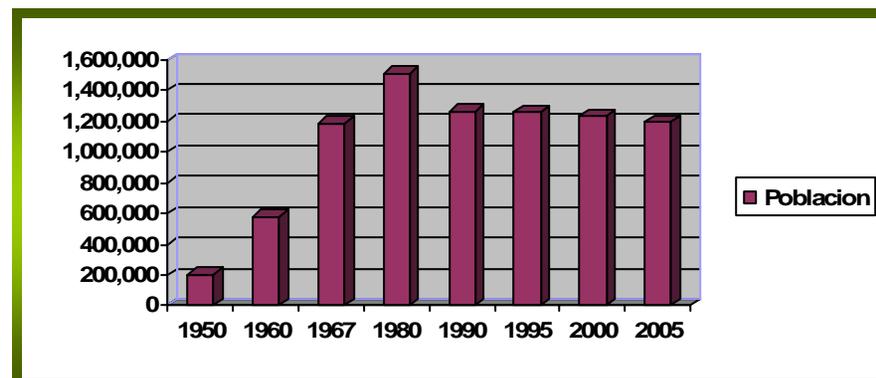
Tasa de crecimiento de la población de densidad bruta 1950-2005

Años	Gustavo. A. Madero			% con respecto al DF
	Habitantes	Tasa media de crecimiento anual (%)	Densidad bruta de población	
1950	204,833	---	23.6	6.7
1960	579,180	10.95	66.9	11.9
1970	1,186,107	7.43	136.9	17.3
1980	1,513,368	2.47	174.7	17.1
1990	1,268,086	-1.75	146.4	15.4
1995	1,256,913	-0.18	145.1	14.8
2000	1,235,542	-0.34	142.6	14.4
2005	1,193,161	-0.70	137.7	13.7

Fuente: INEGI Censos de Población y Vivienda.

Tabla 1.10 Tasa de crecimiento de la población.

En la siguiente gráfica se observa que en los últimos 15 años, la población se ha mantenido con un ligero descenso.



Gráfica 1.1 Población.

1.2.2.1 Nivel de Instrucción

A continuación en la tabla 1.10 se muestra el nivel de instrucción.

Nivel de Instrucción

Concepto	Distrito Federal		Gustavo. A. Madero	
	2000	2005	2000	2005
Sabe leer y escribir	7 299 664	7 373 009	1 055 887	1 022 981
No sabe leer ni escribir	271 547	254 732	38 661	35 263
No especificado	12 686	30 266	861	2 510

Fuente: INEGI síntesis estadística municipal Gustavo A. Madero, Distrito Federal 2008.

Tabla 1.11 Nivel de instrucción.

1.2.2.2 Proyección de la Población

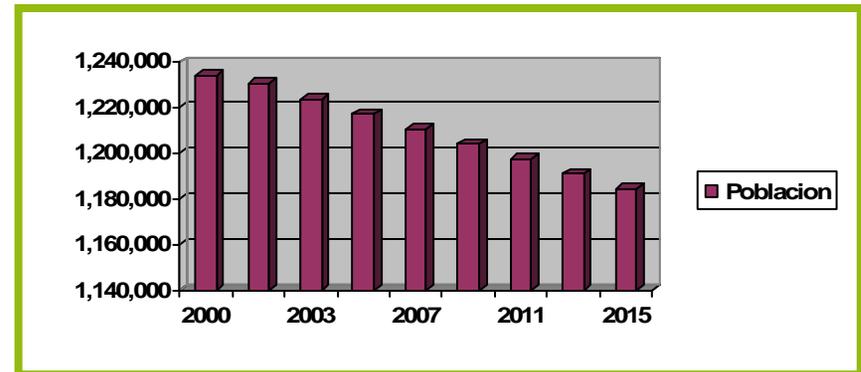
El Programa de Desarrollo Urbano del Distrito Federal plantea la política demográfica de alcanzar en 20 años una tasa de decremento anual de 0.09 por ciento y una densidad bruta de 160 hab/ha. Con base en ello, se pretende que la delegación Gustavo A. Madero alcance una población de 1,184,419 habitantes en el año 2015, como se muestra en la siguiente tabla.

Proyección de la población al año 2015			
Año	Habitantes en la delegación	Habitantes en el Distrito Federal	Porcentaje con respecto al D.F.
2000	1,233,922	8,591,309	14.36
2001	1,230,558	8,638,245	14.25
2003	1,223,859	8,738,879	14.00
2005	1,217,195	8,848,856	13.76
2007	1,210,568	8,968,589	13.50
2009	1,203,977	9,098,524	13.23
2011	1,197,422	9,239,139	12.96
2013	1,190,903	9,390,943	12.68
2015	1,184,419	9,554,485	12.40

Fuente: Estadísticas delegacionales.

Tabla 1.12 Proyección de la población.

La gráfica arroja la proyección a futuro de la población;



Gráfica 1.2 Proyección de la población.

1.2.2.3 Vivienda

A continuación en la tabla se detallan las principales características de las viviendas de la Delegación.

Concepto	Distrito Federal		Delegación	
	2000	2005	2000	2005
Total de viviendas particulares	2,131,410	2 287 189	298 027	304 169
Ocupantes en viviendas particulares				
por clase de vivienda	8 561 469	8 664 769	1 225 056	1 180 763
Casa independiente	5 425 361	4 962 806	853 478	690 093
Departamento en edificio	1 927 959	2 276 993	191 001	225 796
Vivienda o cuarto en vecindad	798 557	1 009 990	137 608	216 443
Vivienda o cuarto de azotea	40 006	26 755	4 235	2 392
Local no construido para habitación	10 253	11 254	1 253	1 378
Vivienda móvil	475	276	31	86
Refugio	1 356	1 006	117	288
No especificado	357 502	375 689	37 333	44 287
Viviendas particulares por número de ocupantes				
de ocupantes	2 102 753	2 215 451	295 329	297 909
1 a 4 ocupantes	1 392 464	1 569 391	190 750	206 255
5 a 8 ocupantes	645 775	592 965	94 971	84 179
9 y más ocupantes	64 514	53 095	9 608	7 475
Promedio de ocupantes por vivienda particular	4.0	3.8	4.1	3.9
Viviendas particulares con piso diferente				
de tierra a/	2 063 731	2 169 068	291 355	292 746
Viviendas particulares que disponen de energía eléctrica b/	2 093 805	2 184 909	294 412	294 150
Viviendas particulares que disponen de agua de la red pública en el ámbito de la vivienda c/	2 038 157	2 152 009	290 136	293 603
Viviendas particulares que disponen de drenaje d/	2 065 217	2 183 288	292 451	293 610
Viviendas particulares que disponen de excusado o sanitario b/	2 062 849	2 162 120	289 240	289 000
Viviendas particulares que disponen de bienes				
Televisión	2 037 303	2 166 210	286 827	291 916
Refrigerador	1 801 674	2 004 475	254 024	271 189
Lavadora	1 457 970	1 702 800	206 235	229 669
Computadora	451 553	825 157	51 739	98 597

Nota: Excluye viviendas sin información de ocupantes, excepto para el total de viviendas particulares y sus ocupantes

Nota: por clase de vivienda, así como para el promedio de ocupantes por vivienda particular, donde sí se incluyen.

Nota: La información es censal y está referida al 14 de febrero para el año 2000 y al 17 de octubre para el 2005.

a/ Se refiere a viviendas con piso de cemento, firme, madera, mosaico u otro material. Excluye viviendas donde no se espe-

a/ cificó el material predominante en pisos.

b/ Excluye viviendas que no especificaron si disponen del servicio.

c/ Comprende viviendas que disponen de agua de la red del servicio público dentro de la vivienda y fuera de ella pero

c/ dentro del terreno. Excluye viviendas que no especificaron si disponen del servicio.

d/ Comprende: viviendas que disponen de drenaje conectado a la red pública, a fosa séptica, con desagüe a barranca o

d/ grieta y con desagüe a río, lago o mar. Excluye viviendas que no especificaron si disponen del servicio.

Fuente: INEGI síntesis estadística municipal Gustavo A. Madero, Distrito Federal 2008.

Tabla 1.13 Principales características de la vivienda.

1.2.3 Economía

Las principales características económicas de la región se muestran en la siguiente tabla;

Principales características de las unidades económicas				
Concepto	Distrito Federal		Delegación	
	1998	2003	1998	2003
Unidades económicas	344 445	342 475	40 673	41 224
Personal ocupado dependiente de la razón social	2 572 497	2 421 537	161 223	158 386
Personal ocupado no dependiente de la razón social	289 475	421 337	10 604	15 176
Valor agregado censal bruto a/	437 282 234	828 897 783	13 005 727	18 639 980
Total de activos fijos a/	521 041 023	662 462 535	12 725 862	13 190 584
Producción bruta total por persona ocupada b/	335.0	517.2	167.1	221.1
Valor agregado censal bruto por persona ocupada b/	152.8	291.6	75.7	107.4

a/ Miles de pesos.
 b/ Miles de pesos. Para el cálculo de este indicador se utiliza el concepto de personal ocupado total (comprende tanto b/ al dependiente como al no dependiente de la razón social).

Fuente: INEGI síntesis estadística municipal Gustavo A. Madero, Distrito Federal 2008.

Tabla 1.14 Principales características de las unidades económicas.

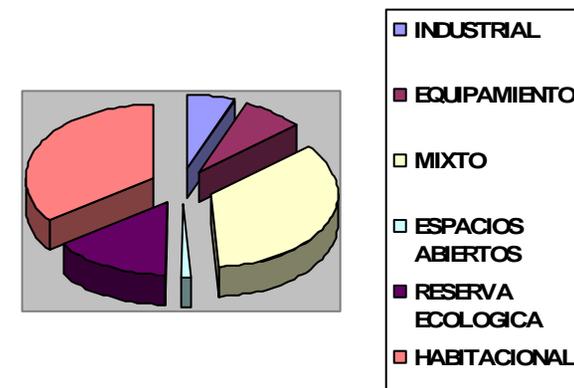
1.2.4 Uso de Suelo

El diagnóstico del desarrollo urbano de la delegación Gustavo A. Madero está basado en el Programa Parcial de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Los aspectos que se incluyen son los relativos al uso del suelo, el cual se divide como se indica en la tabla 1.15 y su gráfica correspondiente;

Tipos de uso del suelo en la delegación		
Uso	Superficie (km2)	Porcentaje (%)
Industrial	5.20	6.00
Equipamiento	6.93	8.00
Mixto	30.32	35.00
Espacios Abiertos	1.19	1.38
Reserva Ecológica	12.66	14.62
Habitacional	30.32	35.00
Total	86.62	100.00

Fuente: INEGI síntesis estadística municipal Gustavo A. Madero, Distrito Federal 2008.

Tabla 1.15 Tipos de uso de suelo.



Gráfica 1.3 Uso de suelo.

1.3 INFRAESTRUCUTA ACTUAL DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS

1.3.1 Agua Potable

La delegación Gustavo A. Madero tiene un nivel de cobertura en infraestructura de agua potable del 98 por ciento; el faltante es abastecido por carros tanque que recorren la zona ubicada principalmente en la parte alta de Cuauhtepac. La delegación es suministrada por las fuentes externas del sistema Teoloyucan Tizayuca Los Reyes, operado por la Gerencia de Aguas del Valle de México (GAVM) y se localiza en los estados de México e Hidalgo. Una parte de la captación total conducido es a la planta Barrientos, de donde se envía a los tanques Chalmita para abastecer a la zona norte, centro y poniente de la delegación.

El sistema Ecatepec Los Reyes se localiza en el Estado de México, al norte del Distrito Federal, es operado por la GAVM y registra una captación de 0.13 m³/s. Una parte de ésta llega a la planta de bombeo Barrientos, de donde se envía a los tanques Chalmita; y la otra, por un acueducto paralelo al Chiconautla, llega a los tanques Santa Isabel para abastecer a la zona centro, oriente y sur de Gustavo A. Madero. El sistema Chiconautla se localiza en el Estado de México, al norte del Distrito Federal, su operación es realizada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Tiene una aportación de 1.9 m³/s, que son conducidos a través de un acueducto principal a los tanques Santa Isabel, en la tabla 1.16, se enlistan las instalaciones principales de agua potable de la Delegación.

Resumen de la infraestructura de agua potable		
Descripción	Cantidad	Unidad
Pozos	2	Pozo
Tanques de agua potable	23	Tanque
Red Primaria de agua potable (diámetro de 50 a 183 cm)	308.99	Km
Red Secundaria de agua potable (diámetro menor a 8 cm hasta 30cm)	2, 799.05	Km
Tomas domiciliarias domesticas	291,164	Toma
Tomas domiciliarias de gran consumo	1,252	Toma

Fuente: INEGI *síntesis estadística municipal Gustavo A. Madero, Distrito Federal 2008.*

Tabla 1.16 *Infraestructura de agua potable.*

1.3.2 Captación, Conducción e Interconexión

El 35 por ciento del terreno de la delegación (sur, oriente y una pequeña porción de la zona poniente) se ubica dentro de la zona geohidrológica II, que se caracteriza por alojar a su acuífero en material granular de baja a mediana permeabilidad y es cubierto por un acuitardo alojado en las arcillas lacustres que pueden tener espesores de 300 m en Xochimilco Chalco y 400 m en el área de Texcoco.

Los pozos perforados en esta zona con profundidades de 200 a 400 m tienen sus niveles estáticos a profundidades que varían de 10 m en sus centros, a más de 85 en sus periferias; con caudales de extracción de 40 a 70 lps. La calidad del agua es, en general, deficiente hacia la porción oriente del Distrito Federal, debido a la contaminación por desechos sólidos y por el drenado del acuitardo constituido por arcillas lacustres. Al poniente, la calidad del agua es buena.

Otro 35 por ciento del territorio (zona centro y poniente) se ubica dentro de la zona geohidrológica IV que aloja a su acuífero en las rocas de la formación Tarango y por el denominado "aluvión antiguo". La formación aflora en el poniente, en donde constituye los lomeríos, y el "aluvión antiguo" aflora en una faja angosta, predispuesta al pie de los lomeríos.

En general, las rocas de la formación observan baja permeabilidad y las del aluvión mediana, por lo que en conjunto sus acuíferos son de bajo a mediano rendimiento, siendo cubierto por rocas basálticas en el extremo sur y arcillas lacustres en las porciones bajas.

Los pozos construidos en esta zona, tienen profundidades de 175 a 300 m existiendo algunos de profundidades mayores. Las profundidades de sus niveles estáticos oscilan de 20 a 100 m y sus caudales de extracción varían de 20 a 80 lps. La calidad del agua se considera buena (ver tabla 1.17).

El 30 por ciento restante del territorio (zona norte) se localiza en las partes altas de la sierra de Guadalupe, que se caracteriza por su composición andesítica de baja permeabilidad. La construcción de pozos en esta zona es casi nula por el alto grado de endurecimiento de la roca y la baja capacidad de producción de los pozos. La calidad del agua se considera buena.

Pozos			
Nombre	Colonia	Calle	Gasto
Jardines del pedregal No.4	Demet San Juan de Aragón	Calz. San Juan de Aragon	40 lps
Jardines del pedregal No.5	D.M. Nacional	Rio de Guadalupe entre Gran Canal y Eje 3 oriente dentro de la unidad habitacional	40 lps

Fuente: Sistema de Aguas de la Ciudad de México, INFOMEXDF.

Tabla 1.17 Pozos.

La tabla 1.18 muestra, las principales líneas de interconexión de los tanques de abastecimiento.

Líneas de interconexión		
Estructuras que conectan	Diámetro (cm)	Longitud (m)
Tanques Chalmita –Línea de 48'' ubicada en la Av. Temoluco	180	4,300
Tanque Chalmita – Línea de 48'' en la calle Las Torres.	180	6,100
Tanque Santa Isabel – Tanque de Oscilación	180	1,800
Tanque Chalmita –T1	30	250
T1 –T2	30	250
T2 –GM-16	30	250
Tanques Chalmita –TP1	30	1,800
TP1 –GM-2	30	700
Tanques Chalmita – GM-8	30	2,200
Tanque Chalmita – Rebombeo la Aduana	30	4,800
GM-1 – GM-18	15.2	524
La pastora – GM-22	15.2	1,106
GM-19 – Foresta	15.2	2.760
Tepetatal – GM – 19	10.0	2,546
Tepetatal– GM – 20	15.2	35
T GM8A – GM-21	10.0 30.0	1,000 610
GM8A - GM-21	30.5	2,024
TOTAL		33,055

Fuente: DGCOH, GDF;

Tabla 1.18 Líneas de interconexión.

1.3.3 Almacenamiento

En la siguiente tabla se indican los tanques de abastecimiento de la Delegación.

Tanques de la delegación Gustavo A. Madero			
Instalación	Ubicación	Colonias que abastece	Capacidad
Tanque GM-17	Al final de la calle Yucatán, col. Chalma de Guadalupe	Parte alta de la col. Chalma de Guadalupe	500 m ³
Tanque San Lucas Patoni	Al final de calle Ecología, col. Luis Donaldo Colocio M.	Parte alta de la col. Luis Donaldo Colocio M.	500 m ³
Tanque GM-18	Prol. Agustín Lara, esq. Zona Ecológica	Paste alta de la col. Compositores Mexicanos	500 m ³
Tanque GM-2	Av. Arrollo la Armería, esq. Alicante	Colonia Loma la Palma, San Antonio, Asilo de la tercera edad, parte baja Tepatatal y prados de Cuatpecapalle	500 m ³
Tanque GM-20	Al final de la calle Tokio, col. Malacates	Colonia Malacates y Ampl. Malacates	500 m ³
Tanque Forestal 2	Al final de la calle Laureles, col. Forestal	Colonia Forestal II y Arboledas	500 m ³
Tanque GM-10	Calle Palma y Cerro del Chiquihite, col. Candelaria Ticoman	Parte alta de la col. San Juan u Guadalupe Ticoman, parte alta de la col. La Pastora	200 m ³
Tanque Cuauhtepc cerro 2	Calle Xochitla esq. Av. Parque Nacional, col. Castillo Chico	Colonias Castillo Chico, Castillo Grande, Guadalupe Victoria, El Arbolillo y parte baja de El carmen	400 m ³
Tanque GM-8	Av. Del Tanque y calle Xicotencatl	Parte media y alta de la colonia El Carmen y las Col. Benito Juárez y Ampliación	200 m ³
Tanque GM-22	Al final de la calle Fuente Natividad, col. Ampl. B. Juárez	Colonia Benito Juárez	500 m ³
Tanque GM-21	Al final de la calle Primavera, col. Tlalpexco	Colonia Tlalpexco, Vista Hermosa y parte alta de las colonias Cocoyotes y 6 de Junio.	500 m ³
Tanque GM-4	Al final de la calle A. López Mateos, col. Gral. Felipe Berriozabal	Colonia Arboledas, Ampl. Arboledas y Ampl. Cocoyotes	1000 m ³
Tanque La Lengüeta	Al final de la calle 20 de Noviembre (zona ecológica).	Colonia Verónica Castro, La Lengüeta, Forestal I y Forestal II	500 m ³
Tanque la Chalmita	Deportivo Carmen Serdan, col. Chalma de Guadalupe	Zona Norponiente de la Deleg. Gustavo A. Madero y la Deleg. Azcapotzalco.	4 tanques que almacenan de 55,000 m ³
Tanque Calle T.M.	Av. De las torres Esq. Ozuna, col. Gabriel Hernández	Tanque Vicente Guerrero	2500 m ³

Tanque Calle T.M.	Av. De las torres Esq. Ozuna, col. Gabriel Hernández	Tanque Vicente Guerrero	2500 m ³
Tanque GM-13	Calle Punta Peñasco, col. San José de la Pradera Barrio	Parte alta y media de la colonia Gabriel Hernández, la cruz y San José de la Pradera	100m ³
Tanque GM-15	Al final de la calle Rodolfo Mendez	Parte Alta de la colonia Ampl. Gabriel Hernández	100 m ³
Tanque Oscilación	Chiconautla Esq. Tezcatlipoca, Colonia Santa Isabel Tola	Colonia Santa Isabel Tola, la villa Aragón Gustavo A. Madero y Montevideo.	1,750 m ³
Tanque Santa Isabel 1	Al final de la avenida Morelos Colonia Lomas de Sanjuán Ixhuatepec	Colonias y unidades habitacionales que comprenden de la zona NOR-OTE	50000 m ³
Tanque Santa Isabel 3	Al final de la Av. Morelos colonia lomas de sanjuán ixhuatepec	Colonias y unidades habitacionales que comprenden de la zona NOR-OTE	50000 m ³
Tanque Vicente Guerrero	Parte alta de la colonia Gabriel Hernández	Abastece al GM-13, GM-15, y parte media alta de las colonias Gabriel Hernández	500 m ³
Tanque Zacateco	Av. Acueducto entre Cartagena norte y Popoyan Colonia San Pedro Zacatenco	Parte media y alta de la colonia san pedro zacatenco	500 m ³

Fuente: Sistema de Aguas de la Ciudad de México, INFOMEXDF

Tabla 1.19 Tanques de la Delegación.

1.3.4 Distribución

El agua potable se distribuye mediante las redes primarias y secundarias, en éstas últimas en donde generalmente el usuario realiza la toma hacia su predio.

1.3.4.1 Red Primaria

Integrada por tuberías con diámetro mayor o igual a 50 centímetros, tiene la función de captar el agua que le suministran los sistemas de abastecimiento para hacerla llegar a la red secundaria. A continuación se indica en la siguiente tabla, los diámetros y longitudes que constituyen a la red.

Red primaria	
Diámetro (cm)	Longitud (km)
50.00	21.89
61.00	85.43
76.00	38.57
91.00	31.57
107.00	19.26
122.00	21.13
152.00	28.43
183.00	22.51
213.00	9.77
244.00	16.99
Mayor a 315.00	13.44
T O T A L	308.99

Fuente: SACM, GDF;

Tabla 1.20 Red primaria.

1.3.4.2 Red Secundaria

Constituida por diámetros menores de 50 centímetros; tiene la función de captar el agua que le suministra la red primaria, para alimentar a las tomas domiciliarias, en la tabla 1.21, se indican los diámetros y longitudes que conforman la red.

Red secundaria	
Diámetro (cm)	Longitud (km)
8.00 y menores	55.30
10.00	958.84
15.00	287.43
20.00	19.56
25.00	2.93
30.00	1248.86
38.00	152.11
45.00	74.024
T O T A L	2799.05

Fuente: SACM; GDF;

Tabla 1.21 Red secundaria.

1.3.4.3 Tomas Domiciliarias

En la siguiente tabla se muestran las tomas domiciliarias de la Delegación.

Tomas domiciliarias	
Diámetro (mm)	No. de Tomas
13	340
19	431
25	222
32	17
38	25
51	173
64	3
76	12
102	23
150	6
200	**
250	**
T O T A L	1,252

Fuente: INEGI IX Censo industrial, 1990, IX censo Comercial, 1990, XI Censo de Servicios, 1990.

** no se cuenta con información.

Tabla 1.22 Tomas domiciliarias.

2.- FUNDAMENTOS DE SISTEMAS HIDRÁULICOS

2.1 SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Las partes de que consta un sistema hidráulico urbano son las siguientes: fuente, captación, conducción, tratamiento, potabilización, conducción, regularización, distribución, recolección, conducción, tratamiento del agua residual y disposición.

La figura 2.1 muestra esquemáticamente un sistema de abastecimiento de agua potable.

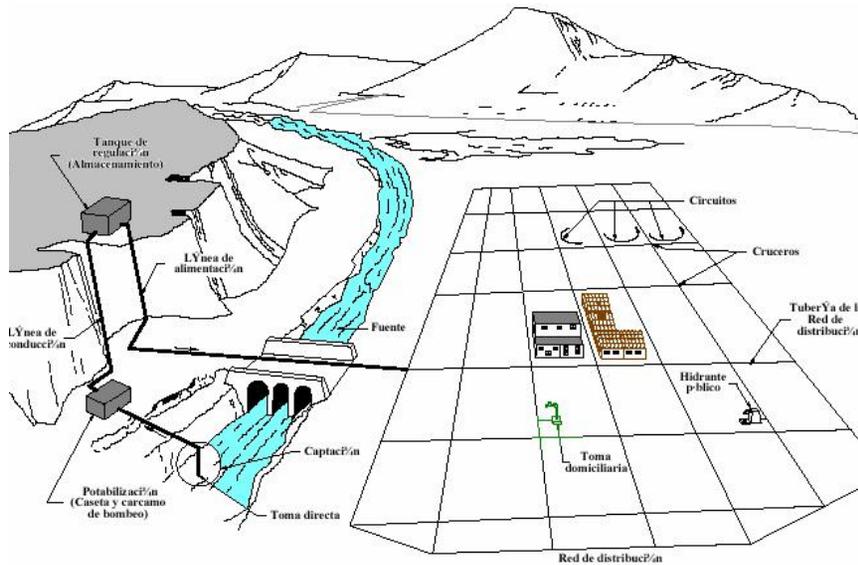


Fig. 2.1 Esquema general de un sistema de abastecimiento de agua potable.

2.1.1 Fuentes de Abastecimiento

El agua disponible en las fuentes de que se sirve el hombre para su desenvolvimiento cotidiano forma parte del Ciclo Hidrológico. Tomando como punto de partida la evaporación, del agua en la superficie del océano, el agua en estado gaseoso circula en la atmósfera presentando desplazamiento vertical y horizontal. En la atmósfera se condensa y se precipita nuevamente a la superficie: tres cuartas partes al mismo océano y en el continente inicia nuevamente el paso de evaporación y en la superficie continental llena lagos, se infiltra en el terreno y circula dentro de él para aflorar en áreas de menor elevación o hasta volver subterráneamente al mar, se retiene en la vegetación y finalmente escurre superficialmente y forma cauces desembocando en lagos o vasos de almacenamiento artificiales para su regularización a fin de usarla, o controlar los caudales de escurrimiento para su uso; de la superficie del terreno se produce la evaporación de agua que se transporta a la atmósfera junto con la que transpiran los organismos animales y vegetales, el resto vuelve al mar.

Así, con el ciclo hidrológico, el agua se encuentran disponible en las siguientes fuentes de abastecimiento: superficial, subterránea, atmosférica y salada.

Las aguas superficiales incluyen ríos, lagos y acuíferos superficiales que no estén confinados, algunas ventajas obvias de las aguas superficiales son su disponibilidad y visibilidad; son fácilmente alcanzadas para el abastecimiento y cuando tienen una calidad casi potable puede ser transportada con relativa facilidad.

Generalmente tienen aguas blandas y un alto contenido de oxígeno, el cual oxida y remueve el hierro y manganeso en las aguas crudas, normalmente las aguas superficiales están libres de sulfuro de hidrógeno, el cual produce un ofensivo olor.

Las aguas superficiales pueden sanearse cuando están ligeramente contaminadas. Por otra parte, las aguas superficiales tienen las desventajas de ser variables en cantidad y se contaminan fácilmente por descargas de aguas residuales; su alta actividad biológica puede producir mal sabor y olor aun cuando el agua haya sido tratada. Las aguas superficiales pueden tener turbiedad y color, lo cual requiere un tratamiento adicional; generalmente tienen mucha materia orgánica que conforma trihalometanos (conocidos cancerígenos) cuando se usa cloro para la desinfección.

Las fuentes subterráneas están generalmente mejor protegidas de la contaminación que las fuentes superficiales, por lo que su calidad es más uniforme. El color natural y la materia orgánica son más bajos en las aguas subterráneas que en las superficiales, de allí que no se requiere el tratamiento para remoción de color; esto al mismo tiempo significa que los trihalometanos son bajos en las aguas tratadas producidas a partir de aguas subterráneas. Es menos probable que las aguas subterráneas tengan sabor y olor, contaminación producida por actividad biológica.

Las aguas subterráneas no son corrosivas porque el bajo contenido de oxígeno disuelto en ellas, reduce la posibilidad de que entre en juego la media reacción química necesaria a la corrosión.

Las desventajas del agua subterránea incluyen la inaccesibilidad de estas fuentes, que implica su dificultad en la cuantificación, explotación racional y manejo además de aumentar las concentraciones de sulfuro de hidrógeno producidas por el bajo oxígeno.

Las características reductoras de esta agua, solubilizan al hierro y manganeso, los cuales al entrar en contacto con el oxígeno durante el consumo del agua forman precipitados que tienden a manchar la superficie de los muebles sanitarios.

Al estrato o formación portadora del agua subterránea se le conoce como acuífero, una vez que los acuíferos se contaminan, no existe un método conocido que los pueda limpiar. Las aguas subterráneas presentan frecuentemente dureza tan alta que deben ser ablandadas por minimizar la formación de incrustaciones en las tuberías.

Se recurre a las aguas atmosféricas y a las saladas muy raras veces y solamente cuando no existe otra posibilidad ya sea por escasas o la mala calidad de las aguas subterráneas y superficiales, o también en ocasiones por factores económicos. En el caso de las aguas atmosféricas, como el agua de lluvia tienen el inconveniente de que se requieren de obras civiles importantes para recolectarlas y almacenarlas en las cantidades requeridas, por lo que solo podrán emplearse en poblaciones muy pequeñas en regiones semiáridas.

Por lo tanto, hay dos grandes fuentes de abastecimiento de agua potable, las aguas superficiales y las aguas subterráneas. Es importante destacar que el abastecimiento de agua potable no depende solamente de qué fuente esté disponible, sino también de la cantidad y calidad del agua.

2.1.2 Captación

Las obras de captación son las obras civiles y equipos electromecánicos que se utilizan para reunir y disponer adecuadamente del agua superficial o subterránea de la fuente de abastecimiento. Dichas obras varían de acuerdo con la naturaleza de la fuente de abastecimiento, su localización y magnitud. El diseño de la obra de captación debe evitar las posibilidades de contaminación del agua.

Por lo que se refiere al agua subterránea, las posibles obras de captación son cajas de manantial, pozos o galerías filtrantes. Las cajas de manantial se pueden hacer cerradas de concreto reforzado o de mampostería de piedra o tabique, el agua se debe extraer solamente con una tubería que atraviese la caja y ésta lleva una tapa movable o registro; no se requiere ventilación se debe procurar que la entrada del agua a la caja de captación se efectúe lo más profundo posible. Se le debe dotar a la caja de un vertedor de demasías.

Dependiendo de si el manantial es de ladera (filtración tubular) o de piso (fisura), se le tiene que proteger por medio de cunetas que intercepten los escurrimientos superficiales.

En el caso de las aguas superficiales, dependiendo de las características hidrológicas de las corrientes, las obras de captación pueden clasificarse en los siguientes tipos generales:

- a) Para grandes variaciones en los niveles de la superficie libre.
 - Torres para captar el agua a diferentes niveles en las márgenes o en el punto más elevado de un río.
 - Estaciones de bombeo flotantes. Pueden usarse en lagos o embalses.
- b) Para pequeñas oscilaciones en los niveles de la superficie libre.
 - Estaciones de bombeo fijas, con toma directa en un río o en un cárcamo.
 - Canales de derivación con, o sin desarenadotes.
- c) Para escurrimientos con pequeños tirantes;
 - Presas derivadoras o diques con toma directa.
 - Diques con caja y vertedor lateral.
 - Dique con vertedor y caja central.

Dentro de las “obras de captación” existe un mecanismo llamado “dispositivo de captación” propiamente dicho y las estructuras complementarias que hacen posible su buen funcionamiento. Dicho dispositivo consiste en un simple tubo, la pichancha de una bomba, un tanque, un canal, una galería filtrante, etc., y representa aquella parte vital de las obras de toma, que asegura bajo cualquier condición de régimen, la captación de las aguas en la cantidad y calidad previstas.

Para proyectar y ubicar las captaciones se consideran básicamente los siguientes aspectos:

- a) El origen de suministro, ya sea embalse, lago o río, porque afecta la posibilidad de amplias fluctuaciones del nivel del agua, de modo que será un factor determinante.
- b) El carácter de los alrededores de la captación, nivel del agua, topografía, efectos de las corrientes sobre la estructura, socavación del terreno, etc.
- c) La ubicación con respecto a los focos de contaminación.
- d) Presencia de materiales flotantes tales como hielo, troncos y vegetación.

2.1.3 Conducción

La necesidad de conducir el agua a lugares apartados, dio lugar a los acueductos de tipo romano. La imposibilidad, en aquellos tiempos lejanos, de conducir el agua a presión, obligó a realizar obras de ingeniería, verdaderas obras de arte, para conducir el agua por gravedad con pendientes hidráulicas muy pequeñas, en forma de canal cerrado o abierto. El suministro de agua para la antigua Roma llegaba a la ciudad por diferentes acueductos, ya en el año 100 de nuestra era. Hace más de 1800 años, los romanos tenían más de 430 kilómetros de sistemas de conducción de agua que abastecía a toda la ciudad.

Estos acueductos conducían el agua a través de túneles en las montañas y estaban soportados por enormes arcos de piedra en los valles. Uno de los últimos acueductos romanos, construido alrededor del año 700 tiene cerca de 100 metros de altura. Los romanos también construían acueductos en los países que conquistaban. Uno de ellos, construido en Segovia, España, en el año 109 de nuestra era, todavía suministra agua a buena parte de la ciudad.

En México son clásicos tres ejemplos de obras de conducción de grandes magnitudes:

- El acueducto para conducción de las aguas del Sistema Lerma (60.117km).
- El acueducto “Linares-Monterrey” (135km de longitud).
- Las obras del Sistema Cutzamala.

Se denomina “línea de conducción” a la parte del sistema constituida por el conjunto de conductos y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización a un cárcamo para una segunda conducción, o a una planta potabilizadora.

Para la fabricación de los tubos, se han utilizado diversos materiales, como la arcilla vitrificada, madera plomo, hierro fundido, acero y concreto.

A través del tiempo algunos de estos materiales han sido relevados y en la actualidad los tubos más utilizados son fabricados a partir de asbesto, acero, concreto reforzado y plástico (polietileno y PVC).

Durante la elección del tipo de tubería a emplear en una obra se analiza la resistencia mecánica, la resistencia a la corrosión, durabilidad, rugosidad, flexibilidad, ligereza, costo de instalación, condiciones de operación, espesores y diámetros comerciales, etc.

En la actualidad, existen recomendaciones para la selección adecuada de una tubería. No obstante, para cualquier proyecto los principales factores a considerar son la calidad y cantidad de agua por conducir, características topográficas de la conducción, así como calidad del terreno por excavar y los costos de suministro e instalación.

La elaboración de una tubería hecha con cualquiera de los materiales antes mencionados tendrá que cumplir con una serie de normas de calidad, con las que se tiene un particular cuidado en la presión interna de trabajo. Dichas normas, son establecidas por las autoridades gubernamentales y están en función del material de que se trate.

Las líneas de conducción son constituidas por tramos rectos y curvos para ajustarse a la topografía del sitio de proyecto, por cambios que se presentan en la geometría de la sección y por diversos elementos que ayudan por un lado a controlar el flujo en la tubería y por otro a proteger el funcionamiento de la línea de conducción para que sea eficiente.

Entre los dispositivos de control y protección se encuentran juntas flexibles, válvulas eliminadoras de aire, válvulas de retención, válvulas de compuerta, válvulas de mariposa, válvulas de globo, válvulas de alivio, contra golpe de ariete, desagües, etc., son necesarios si existe un equipo de bombeo.

Los acueductos son conducciones cerradas construidas en sitio, en donde se puede emplear materiales locales, representan una menor inversión inicial y de mantenimiento.

2.1.4 Distribución

Después de la regularización el sistema de distribución debe entregar el agua a los consumidores. Es obvia la importancia de este sistema, si se toma en cuenta que más de la mitad de la inversión total del abastecimiento de agua corresponde a él.

Para ser adecuado, un sistema de distribución debe proporcionar un amplio suministro de agua potable, cuándo y dónde se requiera dentro de la zona de servicio. El sistema debe mantener presiones adecuadas para los usos residenciales, comerciales e industriales normales.

A veces se requiere bombeos auxiliares para servir a las zonas más elevadas o a los consumidores más remotos. El sistema de distribución incluye bombas, tuberías, válvulas de regulación, de tomas domiciliarias, líneas principales y medidores.

Si se trata de proporcionar un buen servicio, cualquier sistema público de agua debe contar con medios adecuados de distribución. Sin embargo, no son suficientes tales medios en forma aislada; la persona o personas responsables de la distribución deben estar familiarizadas con los medios y métodos para su diseño, construcción y mantenimiento.

2.2 TIPOS DE REDES

Una vez que se dispone de agua potable en el tanque de regularización debe ponerse a disposición de los habitantes, distribuyéndola por toda la población, por medio de la red de tuberías. Un adecuado sistema de distribución debe ser capaz de proporcionar agua potable en cantidad y presión adecuada, en el momento que se requiera dentro de la zona de servicio.

Las redes de agua potable se clasifican de acuerdo con su trazo en el plano, su función su distribución y su zonificación.

2.2.1 Tipos de Redes de Distribución de Acuerdo con la Manera en la que están Trazadas en un Plano

Las líneas de distribución de acuerdo con la que están trazadas en un plano se clasifican en red abierta o ramificada, red en forma de malla o cerrada y red combinada (ambas).

2.2.1.1 Red Abierta o Ramificada

Se forma con líneas que se ramifican de acuerdo con las necesidades de la distribución del agua en los asentamientos.

Este tipo de red se utiliza cuando la planimetría y la topografía son tan irregulares que dificulta la formación de circuitos o cuando la población es pequeña. La línea de alimentación o troncal es la principal fuente de suministro de agua, y de ésta se derivan todas las ramas (ver figura 2.2).

Aunque estos sistemas son simples de diseñar y construir, no son favorecidos en la actualidad por las siguientes razones:

En los extremos finales de las ramas se pueden presentar crecimientos bacterianos y sedimentación debido a estancamientos.

Es difícil que se mantenga una dosis de cloro residual en los extremos muertos de la tubería.

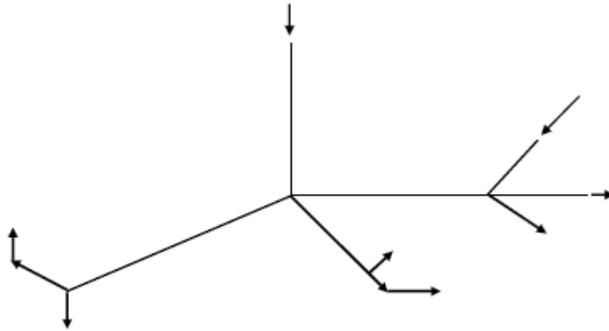


Fig. 2.2 Esquema de red abierta

Cuando tienen que hacerse reparaciones a una línea individual en algún punto, deben quedar sin servicio las conexiones que se encuentran más allá del punto de reparación hasta que ésta sea efectuada.

La presión en los puntos terminales de las ramas puede llegar a ser indeseablemente baja conforme se hacen ampliaciones a la red.

El sistema ramificado se tiene generalmente cuando la topografía y el alineamiento de las calles no permitan tener circuitos, o bien, en comunidades con predios muy dispersos.

2.2.1.2 Red Cerrada o en Malla

Se diseña formando circuitos con tuberías principales, y se completa con tubos de relleno para abastecer cada una de las calles de la localidad. Es decir, todas las tuberías están interconectadas y no hay terminales o extremos muertos (ver figura 2.3). En estos sistemas, el agua puede alcanzar un punto dado desde varias direcciones, superando todas las dificultades del sistema ramificado, discutido previamente. La desventaja es que el diseño de estos sistemas es más complicado.

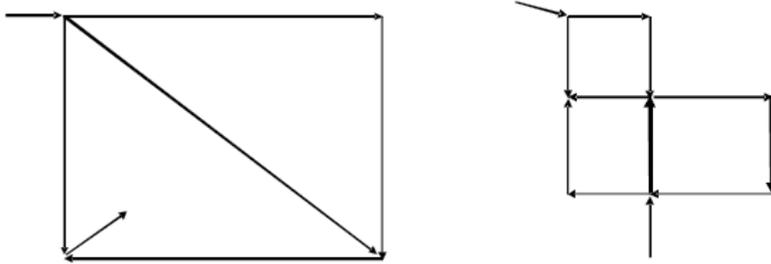


Fig. 2.3 Esquema de red cerrada

2.2.1.3 Red Combinada

De acuerdo con las características de la zona, en algunos casos se hacen ampliaciones a la red de distribución en malla o con ramas abiertas, resultando un sistema combinado.

Este tipo de sistema, tiene la ventaja de permitir el uso de alimentadores en circuito que suministran agua a un área desde más de una dirección.

Las redes de distribución de agua de acuerdo con la función que realizan se clasifican en, primarias y secundarias.

2.2.2 Tipos de Redes de Distribución de Acuerdo con su Función

2.2.2.1 Red Primaria

Se usan para conducir el agua por medio de líneas troncales o de mayor diámetro y alimentan a la red secundaria.

2.2.2.2 Red Secundaria

Es la parte de la red de distribución que forma la estructura básica del sistema y distribuye el agua propiamente hacia la toma domiciliaria.

Existen tres tipos de red secundaria:

2.2.2.2.1 Red Secundaria Convencional

En este tipo de red los conductos se unen a la red primaria y entre si en cada cruce de calle; es decir, funciona como una red en forma de malla, (ver figura 2.4). Se instalan válvulas de seccionamiento tanto en las conexiones con la red primaria como en los cruceros de la secundaria.

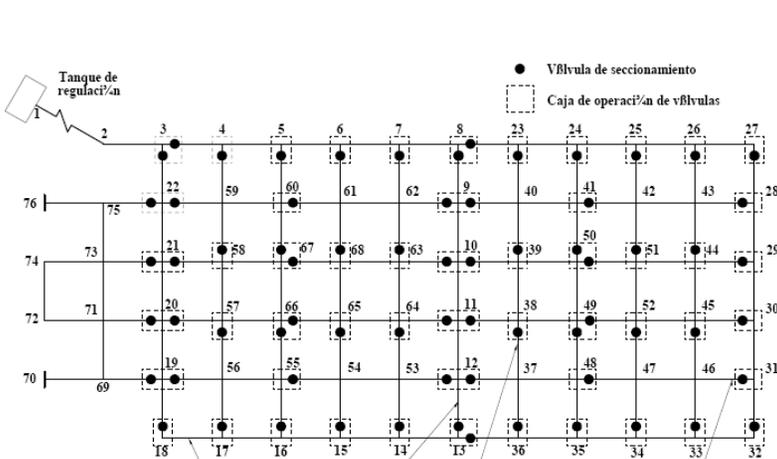


Fig. 2.4 Esquema de una red secundaria convencional.

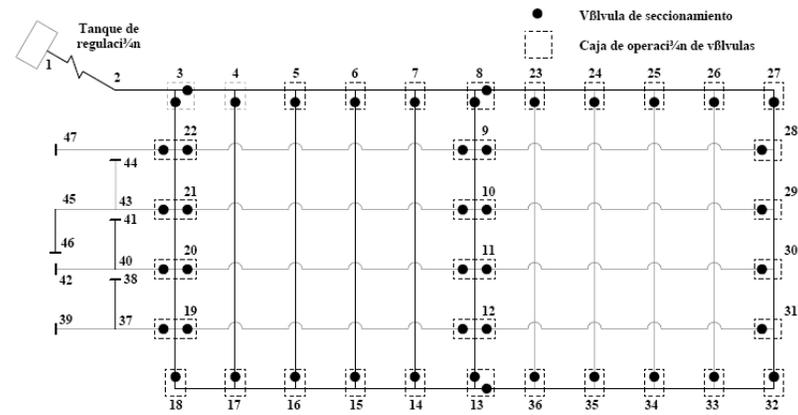


Fig. 2.5 Esquema de una red secundaria en dos planos.

2.2.2.2.2 Red Secundaria en Dos Planos

En una red de este tipo, las tuberías se conectan a las tuberías de la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos, o bien en un solo cruce de las tuberías maestras en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas). Su longitud puede variar entre 400 y 600m, en función con la densidad de población a la que debe servir. En la figura 2.5 se muestra el esquema de una red de distribución con tuberías secundarias situadas a desnivel o en dos planos.

2.2.2.2.3 Red Secundaria en Bloques

Las tuberías secundarias forman bloques que se conectan con la red primaria en dos puntos. La red principal no recibe conexiones domiciliarias. A su vez, la red secundaria dentro de un bloque puede ser convencional (ver figura 2.6).

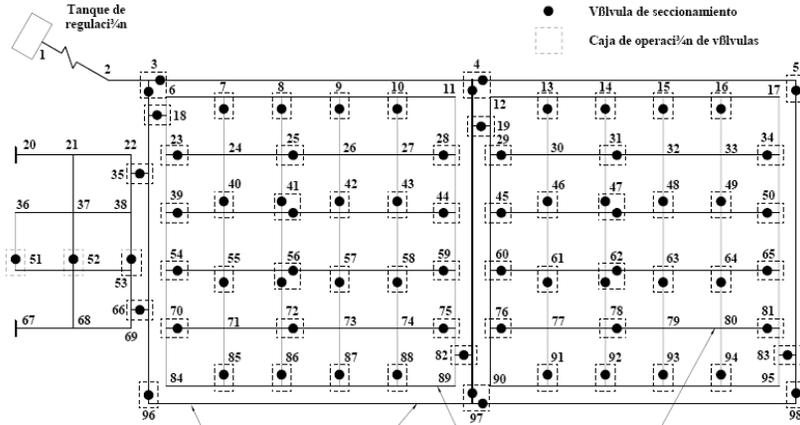


Fig. 2.6 Esquema de una red secundaria convencional en bloques.

2.2.3 Tipos de Redes de Acuerdo con su Distribución

El agua se distribuye a los usuarios en varias formas, en función de las condiciones locales.

Estas formas son las siguientes:

2.2.3.1 Por Gravedad

El agua de la fuente se conduce o bombea hasta un tanque desde el cual fluye por gravedad hacia la ciudad. De esta forma se mantiene una presión suficiente y prácticamente constante en la red para el servicio de los usuarios (figura 2.7).

Este es el método más confiable y se debe utilizar siempre que se dispone de cotas de terreno, para la ubicación del tanque, suficientemente altas para asegurar las presiones requeridas en la red.

La línea que alimenta el tanque se diseño para el gasto máximo diario (Q_{md}) y la línea de alimentación que sale del tanque para la ciudad para el gasto máximo horario (Q_{mh}).

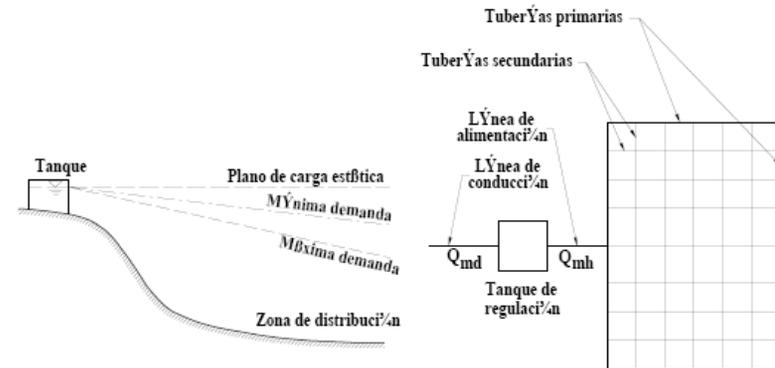


Fig. 2.7 Esquema de la distribución por gravedad.

2.2.3.2 Por bombeo

Son posibles dos formas:

- Bombeo directo a la red sin almacenamiento. En esta forma, las bombas abastecen directamente a la red y la línea de alimentación se diseño para el gasto máximo horario (Q_{mh}).

- Este es el sistema menos deseable, puesto que una falla en el suministro eléctrico significa una interrupción completa del servicio de agua. Al variar el consumo en la red, la presión en la misma variará también.
- Distribución por bombeo a la red con excedencias a tanques de regularización. En esta forma de distribución el tanque se ubica después de la red en un punto opuesto a la entrada del agua por bombeo y las tuberías principales se conectan directamente con la tubería que une las bombas con el tanque. El exceso de agua bombeada a la red durante periodos de bajo consumo se almacena en el tanque, y durante periodos de consumo alto la misma agua se envía hacia la red.
- La experiencia de operación en México ha mostrado esta forma de distribución como no adecuada para las condiciones del país; y la opción para utilizarla sólo se justifica en casos excepcionales.
- La distribución por bombeo se debe evitar en los proyectos y podrá utilizarse sólo en casos excepcionales bien justificados.

2.2.2.3 Distribución Mixta

Parte de la red se suministra por bombeo con excedencia a un tanque del cual a su vez se abastece el resto de la red por gravedad. El tanque se ubica en el centro de gravedad del consumo de agua (ver figura 2.8).

Debido a que una parte de la red se abastece por bombeo directo, esta forma tampoco se recomienda.

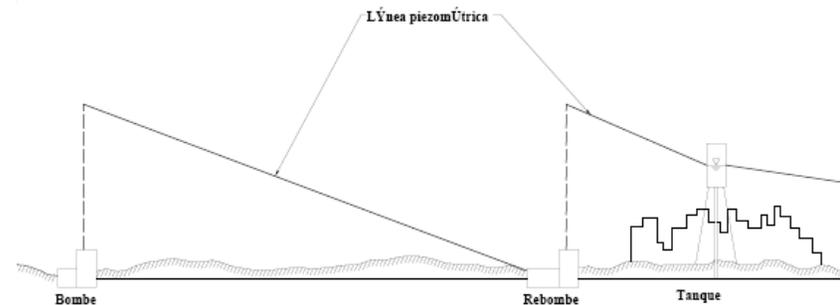


Fig. 2.8 Esquema de la distribución mixta.

2.3 COMPONENTES DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

Una red de distribución de agua potable incluye los siguientes componentes:

2.3.1 Tuberías

Se denomina tubería a la unión de dos o más tubos; es decir, comprende la unidad que es el tubo y un sistema de unión o acoplamiento.

La red de distribución está formada por un conjunto de tuberías de diferentes longitudes y diámetros que se unen en puntos denominados cruceros.

Se pueden identificar dos clases de redes, dependiendo de su función: redes primarias y redes secundarias.

A continuación se indican los tubos de diferentes materiales que se emplean en redes de agua potable en México.

- Tubos de plástico (Tubos de cloruro de polivinilo (PVC) y tubos de polietileno).
- Tubos de asbesto-cemento.
- Tubos de hierro dúctil con bridas.
- Tubos de concreto presforzado.

Se observa que las tuberías de cada material se fabrican con distintas resistencias para que soporten diferentes presiones de trabajo. La resistencia de la tubería seleccionada debe ser mayor que la máxima carga estática que se puede presentar.

2.3.2 Piezas Especiales

Las intersecciones de los tramos de las tuberías, las uniones de las tuberías de la red primaria con las de la secundaria, los cambios de dirección y de diámetro, las uniones de tuberías de diferente material y diámetro externos, así como las terminales de los conductos, se diseñan por medio de piezas denominadas especiales, que a continuación se indican:

2.3.2.1 Juntas

Junta Gibault: Está concebida para la unión de dos extremos lisos de tubos. Se compone de un aro de hierro fundido con diámetro mayor en la parte central, al que se llama barril; dos empaques de hule con sección cuadrada que se colocan entre el barril; y dos bridas de hierro fundido que al unirse por medio de tornillos comprimen los empaques contra los lados del barril y las paredes exteriores de los tubos.

Junta universal: Está constituida por un barril y una brida de hierro fundido; dos empaques de hule natural, birlos de doble rosca y tuercas. Se utiliza para unir una brida de pieza especial con un extremo liso de tubo.

2.3.2.2 Empaques

De plomo: Son los que más se han utilizado en obras de agua potable. Se fabrican normalmente en diámetros de 50 a 915mm.

De hule: No se tienen normas para su fabricación; se han utilizado para la unión de bridas de PVC, en diámetros de 50 a 250mm.

2.3.2.3 Tornillos

De acero con cabeza y tuerca hexagonal estándar.

Los tornillos para piezas especiales y válvulas son de acero, cabeza hexagonal estándar sin acabado, y tuercas también de acero con dimensionamiento hexagonal estándar, sin acabado.

2.3.2.4 Cruceros

Los cruceros son piezas o conjuntos de piezas especiales con las que, conectadas a la tubería, se forman deflexiones pronunciadas, cambios de diámetro, derivaciones e intersecciones, ya sea por separado o en combinación.

2.3.2.5 Válvulas

Las válvulas son accesorios que se utilizan en las redes de distribución para controlar el flujo y se clasifican en función de la acción específica que se realizan. Las válvulas más comunes en una red de distribución son las de compuerta y sirve para aislar segmentos de la misma.

2.3.2.5.1 Válvulas de Seccionamiento

Se pueden identificar tres tipos:

Válvulas de compuerta. El tipo de válvula de compuerta más empleado es la de vástago saliente, el cual se desplaza según su eje vertical. Tiene la ventaja de que el operador puede saber con facilidad si la válvula está abierta o cerrada.

Es importante señalar que la válvula de compuerta está destinada propiamente para ser operada cuando se requiera un cierre o abertura total, y no se recomienda para ser usada como reguladora de gasto.

Válvulas de mariposa. La válvula de mariposa puede sustituir a la de compuerta cuando se requieren diámetros grandes y para presiones bajas en la línea; tienen la ventaja de ser más ligeras, son de menor tamaño y más barato.

Estas válvulas se operan por medio de una flecha que acciona un disco y lo hace girar centrado en el cuerpo de la válvula; la operación puede ser manual, semiautomática o automática, mediante dispositivos neumáticos, hidráulicos o eléctricos. El diseño hidrodinámico de esta válvula permite emplearla como reguladora de gasto y en ciertos casos para estrangular la descarga de una bomba.

Válvula de globo. Son voluminosas y presentan una alta resistencia al paso del agua, por lo que se emplean, generalmente, en tuberías de pequeños diámetros.

Consta de un disco horizontal que se acciona mediante un vástago y que abre o cierra un orificio por donde pasa el agua. Este mecanismo se encuentra dentro de una caja de hierro fundido con extremos de brida para los diámetros grandes y de rosca para los pequeños.

Válvulas para admisión y expulsión de aire

Tienen los siguientes dos objetivos:

- Expulsión del aire en el llenado de la línea con agua, y admisión de aire en su vaciado. Las válvulas de este tipo se colocan en los puntos donde se puede quedar el aire atrapado durante el llenado de la misma.

De no expulsarse al exterior, el aire puede generar fenómenos de oscilaciones y eventuales sobre presiones en la operación, así como la disminución de la eficiencia hidráulica de la línea.

- Eliminación automática del aire que se acumula en puntos altos en la operación continua. Estas válvulas tienen orificios de diámetro menor para conexión con la atmósfera. La apertura del orificio a la atmósfera se produce por medio de una válvula que se activa mediante un flotador. Dicha válvula lo mantiene cerrado cuando no hay aire en el depósito de la válvula y lo abre cuando dicho depósito acumula aire.

Las válvulas para admisión y expulsión de aire se usan ante todo en líneas de conducción, en los puntos de cambio de la pendiente, o en tramos largos en donde existen pendientes pronunciadas (ascendentes, o descendentes). En redes de distribución pueden resultar necesarias únicamente en las tuberías de diámetro grande de la red primaria.

De acuerdo con sus objetivos, se usan tres tipos de válvulas:

- 1) De admisión y expulsión de aire.
- 2) De eliminación automática (evacuación lenta) de aire.
- 3) Combinada. Esta válvula tiene dos comportamientos, uno con orificio mayor para la admisión y expulsión de aire, y otro de diámetro pequeño para la eliminación automática.

2.3.2.5.2 Válvulas Reductoras de Presión

Accesorio que se instala en un punto de la tubería con el objeto de reducir la carga hidráulica aguas abajo y mantenerla a un valor determinado. La válvula reductora de presión mantiene una carga constante aguas abajo del punto de su instalación independientemente de las variaciones del gasto en la tubería y de la presión aguas arriba. Cuando sucede lo contrario, la válvula se cierra cierto grado, crea pérdidas de carga y no permite que la presión supere el límite. Cuando aguas abajo no tiende a producirse una presión alta, la válvula se mantiene abierta al máximo.

Estas disipan toda la energía disponible; la carga aguas abajo se determina por el nivel de agua en la caja, son más convenientes en conducciones por gravedad, donde se mantienen condiciones de operación relativamente constantes.

Las válvulas reductoras de presión tienen la ventaja de ajustarse a las condiciones de la tubería, sean éstas variables o no.

2.4 Tanques

Son depósitos situados generalmente entre la captación y la red de distribución. La regularización tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de consumos que es variable durante el día.

Con relación a los tanques para agua, se puede afirmar que son componentes del sistema de distribución cuya misión ha variado sensiblemente con el transcurso de los años, presentado en la actualidad los siguientes aspectos:

Proporcionar elasticidad al sistema de distribución, dando lugar a que las diferentes porciones del mismo sean más independientes en su operación.

Aportan una contribución a la economía general del país por desaparición del consumo de energía eléctrica en las horas pico y utilización del máximo de energía en las horas vacías de consumo, gracias a la capacidad de regularización que proporcionan.

Con relación a las funciones de los tanques para agua potable, es conveniente hacer una diferencia entre aquellos de capacidad reducida y los grandes tanques. Los tanques pequeños serán útiles en los siguientes casos:

- Cuando se tiene un abastecimiento de agua subterránea, donde la colocación de un tanque pequeño incrementará la capacidad del manantial, haciendo que la demanda sobre éste sea más uniforme.
- Por conveniencia en operación, pudiéndose emplear como tanques receptores en las terminales de los conductos, como pequeños tanques para regular la presión en los puntos intermedios, o como tanques de regularización para uniformizar la operación de las bombas.
- Para proveer un almacenaje contra fuego que dure el tiempo necesario para arrancar el equipo adicional de bombeo.

Por su parte, los grandes tanques pueden tener las siguientes funciones:

2.4.1 Almacenamiento

Un volumen suficiente de agua almacenada, cuando se presenta un problema entre la fuente de abastecimiento y el tanque (como podría ser la ruptura en la conducción, la falla en el rebombeo o en la captación, etc.) evitará la suspensión del servicio. Así, se puede obtener una mayor seguridad contra su interrupción por este medio que por duplicación de los equipos.

Un almacenamiento suficientemente amplio será también de vital importancia en caso de incendio, cuando no existe equipo adicional de bombeo o las tuberías no están diseñadas para resistir las sobre presiones asociadas con el bombeo requerido. Será asimismo de gran utilidad cuando la fuente de abastecimiento es intermitente y se presentan periodos prolongados de sequía.

2.4.2 Regularización

La capacidad de almacenamiento del tanque denominada compensadora o de operación hace posible ajustar el caudal de aportaciones constantes al caudal de demandas variables, del modo siguiente: el gasto que proviene de la fuente de abastecimiento y que por la conducción llega hasta el tanque de regularización tiene un valor constante, mientras que la población consume el agua con gastos variables a lo largo del día.

Estas variaciones tienen valores instantáneos menores y mayores que el caudal que llega por la conducción cuando la demanda es menor que dicho caudal, los sobrantes se conservan en el tanque de regularización, para ser proporcionados en las horas en que la demanda es mayor que él. De esta manera se hace posible el cambio de régimen y las condiciones de operación.

Asimismo, lo anterior permite, cuando se tiene una línea de conducción por bombeo, reducir el tamaño de las bombas, filtros y equipo necesario para abastecer al sector servido por el tanque de regularización, ya que los valores pico de demanda sobre el equipo de bombeo son abatidos por él.

La capacidad de regularización del tanque también repercutirá en la línea de conducción, permitiendo que sea operada de una manera más uniforme comparativamente hablando (respecto al caso en que no hubiera tanque, en el cual la línea de conducción debería satisfacer la ley de demandas variable de la red, conduciendo cualquier gasto que se presentara), y dando lugar a que su tamaño sea mínimo será también de mucha utilidad en un gran sistema de distribución, ya que el emplazamiento de los tanques en aquellos puntos de la red donde hay un máximo de demanda permitirá una regularización general del flujo y efectuará una considerable economía en el tamaño de las tuberías y planta de bombeo.

La regularización que efectúan los tanques es también muy necesaria cuando la fuente de abastecimiento es un pozo de capacidad limitada o cuando el agua debe ser filtrada, y se hace necesario igualar el suministro y la demanda durante un largo periodo de gran consumo.

Existen dos tipos de tanques de regularización de acuerdo con su ubicación:

- a) Tanques superficiales: Si hay cerca de la población lomeríos con altura adecuada, lo mejor es utilizar un tanque superficial. En sitios en los que se presentan temperaturas bajas (nevadas o heladas por varios días), los tanques se construyen bajo el nivel del suelo, para evitar el congelamiento del agua.
- b) Tanques elevados: Se emplean cuando no es posible construir un tanque superficial, por no tener en la proximidad de la zona a servir una elevación adecuada. El tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste en el depósito, la torre o la estructura de apoyo y demás accesorios.

Las torres y los tanques más comunes se construyen de acero y de concreto reforzado. Su capacidad oscila entre 10 y 1,000 metros cúbicos y su altura entre 10 y 20 metros.

2.4.3 Alimentación de Zonas de Alta Presión

Alimentar zonas de la población servida de acuerdo a su topografía, evitando altas presiones que puedan causar rupturas y fugas constantes en la red de distribución, y eliminar zonas de baja presión donde el servicio sería deficiente sin el tanque. Asimismo, los-

tanques emplazados al final de una larga línea de conducción y en los límites extremos de la zona de servicio, así como los colocados en el centro de máxima demanda, son reguladores automáticos de la presión que mantienen el funcionamiento uniforme del sistema de distribución bajo condiciones variables de flujo.

2.4.4 Rebombeo

Comprenden las bombas ubicadas en puntos intermedios de línea de conducción, después de las bombas en la toma; el objetivo es elevar la carga hidráulica en el punto de su ubicación.

Los rebombeos se localizan principalmente en líneas de conducción y excepcionalmente dentro de la red de distribución como en los siguientes casos:

- Interconexiones entre tanques que abastecen diferentes zonas.
- Para transferir el agua de una línea ubicada en partes bajas de la red al tanque de regulación de una zona de servicio que se ubique en las partes elevadas de la localidad.
- Para elevar la presión en una zona determinada mediante rebombeo directo a la red o “Booster”. Esta última opción se debe evitar, y considerar sólo si las condiciones de la red no permiten la ubicación de un tanque de regularización en la zona alta.

Son dos tipos de rebombeo:

- a) Con tanque de succión (cárcamo). Este caso es el más seguro en la operación, ya que gracias al tanque que puede realizar cierta regularización con su volumen, las bombas aseguran todo el tiempo su sumergencia.
- b) Sin tanque de succión. En este caso la succión de las bombas se conecta directamente con la tubería que viene de la zona anterior. Este tipo de rebombeo es llamado también “Booster”. Permite a su vez incrementar los gastos en la red y es útil para eliminar presiones de trabajo muy bajas en puntos extremos de la misma. Para la sumergencia de las bombas se requiere que en la parte que succiona se mantenga siempre a cierta presión.

Se requiere de un cuidadoso diseño en el caso de un “Booster”. Si no se asegura la presión de sumergencia en todos los momentos de la operación el flujo puede llegar a interrumpir. Los transitorios relacionados con el paro y arranque de las bombas son más complejos y deben analizarse por métodos especiales.

La variante con tanque de succión es por lo general más cara. Pero es la que se recomienda en líneas donde el gasto y la presión son variables, como sucede en las redes de distribución.

2.5 POZOS

El agua se puede obtener de fuentes superficiales o subterráneas. El agua superficial es tomada de lagos, ríos y corrientes; por otra parte, el agua subterránea es obtenida de acuíferos por medio de pozos, manantiales y galerías filtrantes. El uso de una u otra fuente depende de factores como: cantidad disponible, calidad, confiabilidad (si requiere o no almacenamiento, bombeo o ambos), ubicación, aspectos legales, políticos y de costos.

La importancia de recordar algunos conceptos relativos a pozos radica en que existen redes de distribución que incorporan pozos conectados directamente a la red o para abastecer un tanque de almacenamiento o regulación. El gasto obtenido de un pozo depende de varios factores, los cuales pueden ser relevantes en proyectos nuevos o de rehabilitación de redes de distribución. Por tal motivo deben realizarse los estudios y pruebas de pozos correspondientes para evitar problemas tales como: sobreexplotación de acuíferos, contaminación del agua extraída, intrusión salina (cerca de las costas), etc. En resumen, un pozo debe estar correctamente ubicado, construido y operado para cumplir con un servicio adecuado. La Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA señala los requisitos indispensables que se deben cumplir para la construcción de pozos y evitar la contaminación de acuíferos.

Dos aspectos básicos a tener en cuenta con relación a los pozos son:

- (1) Las pruebas de bombeo permiten determinar el gasto y los niveles óptimos de operación, y
- (2) La ubicación de varios pozos cercanos interviene en su rendimiento, es decir, la cantidad de agua que se puede extraer de ellos durante el intervalo de servicio.

2.5.1 Clasificación de los Pozos

Los pozos se pueden clasificar según su comportamiento hidráulico como: ordinarios (de capa libre), o artesianos. En el pozo ordinario el agua se eleva hasta la altura del material saturado que lo rodea, y no se halla sometida a otra presión más que la atmosférica (acuífero libre). En el caso del pozo artesiano (hecho en un estrato impermeable o poco permeable), el agua se eleva hasta un nivel determinado debido a la presión existente en el acuífero (acuífero confinado). Si la presión es suficiente para provocar que el agua alcance la superficie del terreno, se le llama entonces pozo artesiano brotante.

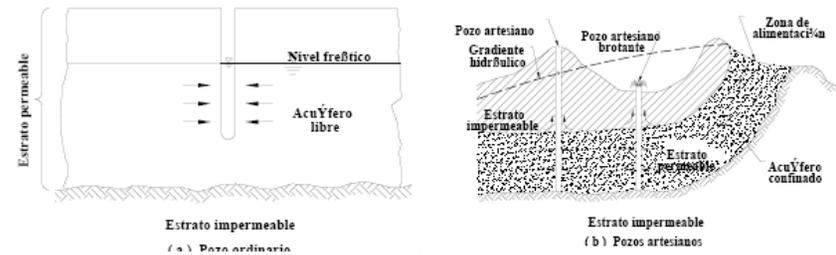


Fig. 2.10 Tipo de pozos.

De acuerdo a su profundidad los pozos se clasifican en poco profundos cuando tienen hasta 30 m de profundidad, y profundos con más de 30 m. También se pueden clasificar de acuerdo a su método de construcción como excavados, entubados o perforados.

2.5.2 Hidráulica de Pozos

El flujo del agua subterránea es un caso especial de flujo a través de un medio poroso, el cual es estudiado por la Geohidrología. Se puede evaluar conociendo la velocidad, presión, densidad, temperatura y viscosidad del agua infiltrada a través de una formación geológica.

2.6 PREDICCIÓN DE LA POBLACIÓN

2.6.1 Población Según el Último Censo Oficial

Estas características son generalmente las incógnitas del problema y pueden variar en cada punto de la formación y con el tiempo. Si las incógnitas dependen solamente de su posición, se trata entonces de régimen permanente; si además son función del tiempo, el régimen es no permanente o transitorio. El análisis en régimen transitorio es utilizado para predecir los rendimientos (producción) a largo plazo de los acuíferos (ver figura 2.11).

La predicción de la población se realizó por el método más matemático, a continuación se describen y se obtienen los resultados con cada método elegido.

Se recopiló la información de los últimos 5 censos oficiales, los cuales el I.N.E.G.I., levanta cada 10 años, siendo éstos:

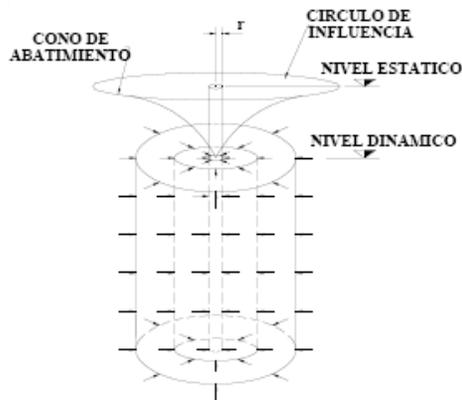


Fig. 2.11 Flujo térmico de un cono de abatimiento.

Tasa de crecimiento de la población de densidad bruta 1950-2005

Años	Gustavo. A. Madero
	Habitantes
1950	204,833
1960	579,180
1970	1,186,107
1980	1,513,368
1990	1,268,086
2000	1,235,542

Fuente: INEGI Censos de Población y Vivienda.

Tabla 2.1 Tasa de crecimiento de la población de densidad bruta.

2.6.2 Cálculo de la Población por un Modelo Aritmético

El modelo aritmético tiene como característica un incremento de población constante para incrementos de tiempo iguales y en consecuencia la velocidad de crecimiento o sea la relación del incremento de habitantes con respecto al período de tiempo es una constante; expresado como ecuación se tiene:

$$\frac{dP}{dt} = K_a \quad \text{o bien:}$$

$$dP = K_a dt$$

Donde P es la población; t el tiempo y Ka una constante que significa el incremento de población en la unidad de tiempo (año, decenio, etc). Integrando,

$$\int_1^2 dP = K_a \int_1^2 dt$$

$$(P_2 - P_1) = K_a (t_2 - t_1)$$

Donde se obtiene Ka:

$$K_a = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

Para un tiempo cualquiera se tiene la ecuación lineal siguiente:

$$P = P_2 + K_a (T - t_2)$$

Donde el índice "2" se considera para los datos iniciales (P2, la población inicial en le tiempo t2).

Obtener la población para el año 2016 con el modelo aritmético:

$$K_{a(2000-1990)} = \frac{1,255,542 - 1,268,086}{2000 - 1990}$$

$$K_{a(2000-1990)} = -3,254.40$$

$$P_{2016} = P_{2000} + K_{a(2000-1990)} (2016 - 2000)$$

$$P_{2016} = 1,255,542 + (-3,254.40) (2016 - 2000)$$

$$P_{2016} = 1,183,472 \text{ habitantes}$$

2.6.3 Gasto Medio Diario

Cantidad de agua requerida por un habitante en un día de consumo promedio.

$$Q_{md} = P \times D / 86400$$

$$Q_{md} = 1,183,472 \times 150 / 86400 = 2054.6 \text{ lps}$$

$$Q_{md} = \underline{2054.6 \text{ lps}}$$

En donde:

Q_{md} = Gasto medio diario, en lps

P = Número de habitantes

D = Dotación, l/hab/día

86,400 = segundos /día

2.6.4 Gasto Máximo Diario

Este gasto se utiliza como base para el cálculo del volumen de extracción máxima diaria de la fuente de abastecimiento, para el diseño del equipo de bombeo, la conducción y el tanque de regulación y almacenamiento.

$$Q_{MD} = CV_d \times Q_{md}$$

$$Q_{MD} = 1.2 * 2054.6 = 2465.6 \text{ lps}$$

$$Q_{MD} = 2465.6 \text{ lps}$$

En donde:

Q_{MD} = Gasto máximo diario, en lps

CV_d = Coeficiente de variación diaria

Q_{md} = Gasto medio diario, en lps

2.6.5 Gasto Máximo Horario

Gasto que se toma como base para el cálculo del volumen requerido por la población en el día de máximo consumo y a la hora del máximo consumo.

$$Q_{MH} = CV_h \times Q_{MD}$$

$$Q_{MH} = 1.5 * 2465.6 = 3698.35 \text{ lps}$$

$$Q_{MH} = \underline{3698.35 \text{ lps}}$$

En donde:

Q_{MH} = Gasto máximo horario, en lps

CV_h = Coeficiente de variación horario

Q_{MD} = Gasto máximo diario, en lps

3.- SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

3.1 Introducción

La gestión de la información cartográfica asociada al territorio necesita de herramientas potentes de análisis de datos, tanto gráficos como alfanuméricos. Estos datos representan variables y tienen una determinada distribución espacial.

La información catastral, especialmente la referida a la infraestructura hidráulica, es un dato más, asociado a las entidades territoriales y por tanto, es en principio susceptible de ser gestionado por un Sistema de Información Geográfica. La gran cantidad de dichos valores que se necesitaban manejar en el desarrollo de esta Tesis, hizo necesario considerar desde un primer momento el uso de un programa SIG para la adquisición, manipulación y análisis de la información disponible.

3.2 Definiciones

Tras una más completa maduración del concepto, se define los sistemas de información geográfica como “los conjuntos de instrumentos y métodos especialmente dispuestos para capturar, almacenar, transformar y presentar información geográfica o territorial referenciada al mundo real”¹.

Se deduce de esta definición, que es el conjunto de aspectos técnicos y etodológicos² aplicados a los procesos de adquisición y manejo de Información georreferenciada y considerando los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta para la gestión de la información territorial.

Otros autores, siguiendo esta misma línea, definen los Sistemas de Información Geográfica como el conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real para un conjunto particular de objetivos.

Ya en 1990, el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de Estados Unidos, definía los Sistemas de Información Geográfica como aquellos sistemas de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, preparados para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

¹ Definición del Dr. D. Miguel Calvo Melero de su libro Sistema de Información Geográfica.

² Definición: trabajo de campo, interacción de escenas escenarios y actores.

Puede considerarse ésta una definición plenamente integradora ya que incorpora todos los aspectos físicos (software y hardware), metodológicos (procesos de manipulación, análisis) y funcionales (planificación y gestión) de los SIG.

El Profesor Dr. D. Joaquín Bosque Sendra, define los Sistemas de Información Geográfica como el conjunto de mapas de la misma porción del territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización en todos los mapas incluidos en el sistema de información, resultando posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esa.

Como se observa en las anteriores definiciones, los Sistemas de Información Geográfica se presentan como una tecnología avanzada aplicada a la resolución de problemas territoriales. Pero la especificidad de determinadas cuestiones territoriales ha generado tras sus 40 años de existencia, la aparición de otros términos similares o relacionados.

El término AM/FM es el acrónimo inglés “automated mapping/facilities management”, que viene a definir los sistemas de cartografía automática aplicados a la planificación en el más amplio sentido y que tienen mucho paralelismo con el concepto tradicional de GIS. Se puede traducir como Sistemas de Cartografía Automática y Facilidades de Gestión.

Otro término muy utilizado es el GIS/LIS, que se define como el Sistema de Información Geográfica orientado al estudio de-

los usos del suelo (Land Information Systems) o del territorio y que tiene mucha aplicación en cuestiones catastrales y de planificación regional. En nuestro ámbito, esta definición suele englobarse dentro del concepto de Sistema de Información Territorial (SIT).

IGIS (Integrated Geographic Information Systems) es un término más recientemente y que trata de abarcar la problemática de la integración de la imagen digital en los SIG, tanto de la procedente de sensores remotos como de la imagen fotogramétrica.

En muchas publicaciones americanas aparece con frecuencia el término Parcel-based GIS, intentando englobar todas aquellas aplicaciones de Información Geográfica que tienen como objeto la gestión de parcelarios con fines fiscales o de planificación, y que asocian a cada entidad gráfica la correspondiente información alfanumérica sobre el propietario y características físicas de las parcelas.

Como se observa, durante muchos años el término GIS ha sido reservado al concepto de tecnología para la manipulación, gestión y análisis de la información georreferenciada, pero conforme otras tecnologías (informática, sensores remotos,...) confluyen en este ámbito, es prácticamente imposible dar una definición correcta y completa del significado de las siglas GIS. Así pues y teniendo en cuenta dicha limitación, se podría adoptar como definición de Sistema de Información Geográfica la integración de diversas tecnologías orientadas a la gestión de-

Información de cualquier tipo que tenga una base geográfica y que sean capaces de llevar a cabo complicados procesos de análisis y dar respuesta a los problemas planteados (ver figura 3.1).



Fig. 3.1 Esquema Conceptual de un SIG.

3.3 Evolución Histórica

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica se desarrolló inicialmente en Canadá con el Canadian Geographical Information System (CGIS), entre los años 1962 y 1963. El CGIS, financiado por el Departamento de Agricultura de Canadá, se creó como un sistema de “cartografía por ordenador” para gestionar los datos recopilados por el Canada Land Inventory (CLI), fundamentalmente en el ámbito rural y muy especialmente para el inventario de usos del suelo.

En su creación se plantearon muchos problemas técnicos y conceptuales referentes a la estructura y organización de las bases de datos y a los métodos de entrada de la información. Si bien muchos de estos problemas han sido ya resueltos, otros nuevos se han presentado, al quedar incorporadas nuevas disciplinas en el entorno de los SIG.

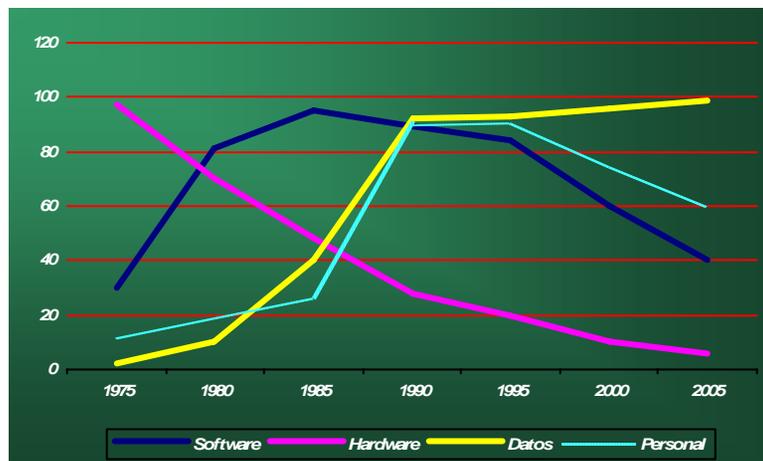
En Gran Bretaña también en los años 60's, se desarrolló la Unidad Experimental de Cartografía, que contribuyó decisivamente en la implantación de los SIG en el mundo anglosajón.

Desde finales de los 60 otra institución comenzó a destacar sobre todo en el estudio de los modelos de datos geográficos a utilizar en los SIG. Se trata del Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis de la Universidad de Harvard en Estados Unidos. Su objetivo inicial fue el uso de ordenadores para generar gráficos con aplicación en la planificación territorial.

Este laboratorio ha sentado las bases para la creación de varios SIG comerciales como son IDRISI y ERDAS.

Partiendo de los trabajos realizados en Harvard, a principios de los años 80, los ingenieros del Instituto de Investigaciones en Sistemas Ambientales (ESRI por sus siglas en inglés) consiguen desarrollar el Sistema de Información Geográfica denominado ARC/INFO, que actualmente es uno de los SIG con mayor implantación en el mercado.

En 1987, en Lyon (Francia) se celebra el Forum Internacional sobre Instrumentación e Información en Geografía y en él se plantean las tendencias para los próximos años en el campo de los SIG y se estudia la importancia relativa que tendrán sus diferentes componentes (hardware, software, datos y personas ver grafica 3.1).



Grafica 3.1 Tendencias de desarrollo de los principales componentes de los SIG.

Sin duda, hoy en día, la calidad de los datos y su exigencia de actualidad son factores decisivos en la buena marcha de un SIG. Ahora se dispone del hardware suficiente para desarrollar la mayoría de proyectos, se cuenta con software adecuado cada vez más al alcance de cualquiera y la formación de personas en este campo es creciente y comienza a consolidarse. Son pues los datos una cuestión relevante y además lo serán siempre, precisamente por la necesidad de desarrollar una actualización continua de los mismos.

En ese mismo año 1987, se publicó la primera revista internacional acerca de la tecnología GIS. Se trata de la International Journal of Geographical Information Systems en la que se expresaba que los Sistemas de Información Geográfica representan un campo de desarrollo donde se entrecruzan muchas disciplinas, entre ellas, la cartografía, la computación, la fotogrametría, la teledetección, la estadística y otras disciplinas relacionadas con el manejo y análisis de datos territoriales.

En la última década del siglo XX, los Sistemas de Información Geográfica han desarrollado una rápida expansión, incorporando técnicas de procesamiento de imagen digital y análisis complejos, extendiéndose al ámbito de la gestión de recursos naturales y la gestión catastral.

3.4 Funciones

Es preciso establecer una clara diferencia entre los Sistemas de Información Geográfica y los programas de Cartografía Asistida por Ordenador o los programas de Gestión de Bases de Datos. Lo más característico de los SIG es su capacidad de análisis y generación de nueva información a partir de un conjunto previo de datos, mediante su manipulación y reelaboración.

Muchos programas trabajan con operadores espaciales y sin embargo no se consideran un SIG, pues no son capaces de realizar búsquedas y análisis espaciales, cuestión que es fundamental para cualquier Sistema de Información Geográfica.

Las áreas de uso práctico de un SIG son muy variadas y entre ellas se podrían destacar:

- Inventario de recursos naturales
- Gestión de datos catastrales (rústicos y urbanos)
- Planificación del territorio
- Control de grandes instalaciones e infraestructuras
- Marketing geográfico (bancos, agencias inmobiliarias, etc.)
- Optimización de recursos en la administración pública y en las empresas

Es claro que ninguna de estas tareas podría realizarla un sistema CAD convencional por sí solo, ni tampoco ningún programa de estadística o bases de datos. Estas tareas son propias y específicas de los SIG.

Se podrían señalar cuatro funciones características de cualquier sistema SIG (figura 3.2).

- Funciones de entrada de información: son los procedimientos que convierten la información geográfica en formato analógico al formato digital propio de los ordenadores, mediante escaneo, digitalización, integración de ortofotos, integración de ficheros CAD, importación de bases de datos.
- Funciones de gestión de la información espacial: capacidades de organización de bases de datos relacionales, asociación de datos gráficos y datos alfanuméricos, organización interna.
- Funciones analíticas: constituyen el elemento más característico de los Sistemas de Información Geográfica. A través del procesamiento de los datos, se consigue obtener mayor información de la que se disponía en un principio.
- Funciones de salida de la información: un SIG debe permitir obtener mapas, gráficos, tablas de datos numéricos, etc., de los datos obtenidos tras los distintos procesos de análisis o de aquellos que simplemente se almacenan en la base de datos.



Fig. 3.2 Funciones Características de un SIG.

3.5 Tipos Sistemas de Información Geográfica

Se han considerado dos modelos básicos bien diferenciados de Sistemas de Información Geográfica: los llamados SIG matriciales o raster y los definidos como SIG vectoriales. Con la evolución rápida de la tecnología informática en los últimos años, han ido apareciendo paulatinamente nuevos desarrollos que hacen que esta sencilla clasificación no sea suficientemente precisa.

3.5.1 SIG Raster

Los elementos gráficos capturados y almacenados por un SIG raster desde un mapa analógico, lo son a través de la superposición sobre ellos de una rejilla de unidades regulares, de igual forma y tamaño, y donde cada unidad de la rejilla registra el valor que el mapa analógico adopta (ver figura 3.3).

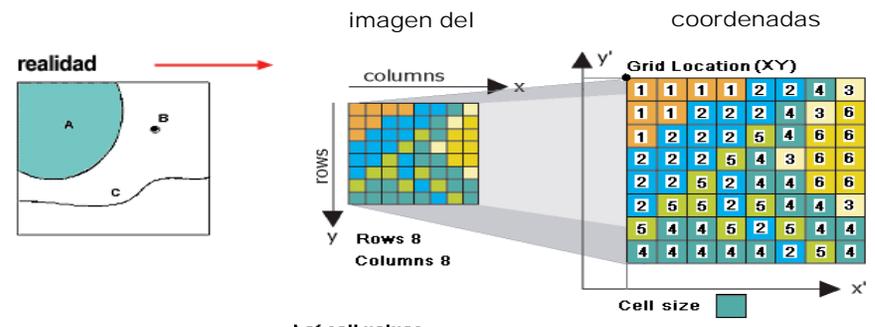


Fig. 3.3 Fundamentos de la representación raster en un SIG.

La disposición comúnmente adoptada de las unidades básicas de esta rejilla es la rectangular, asociando a cada rectángulo el código o valor que la variable cartográfica adopta en ese punto del espacio. Estos rectángulos regulares se suelen denominar “pixel”, que proviene de la conjunción de los términos “picture” y “element” y su tamaño es una característica esencial para un sistema raster. Cada pixel representa a una determinada porción de terreno y por tanto, cuanto más pequeño sea, más precisa será la representación de la realidad. Por otro lado, cuanto más pequeño sea el pixel, mayor número de filas y columnas serán necesarias para definir un mismo territorio y por tanto, mayor deberá ser el espacio necesario para el almacenamiento de la información.

Por ello, en un SIG raster es preciso, desde un primer momento, definir el tamaño del pixel y para ello es conveniente decidir cuál es el tamaño de la unidad mínima a cartografiar.

Las bases de datos tipo raster se estructuran mediante ficheros simples de filas y columnas, cada uno de los cuales representa un aspecto temático diferente, pero en todos ellos, el pixel ocupa una posición geográfica concreta. Las relaciones espaciales están muy bien definidas, ya que el sistema sabe fácilmente cuál es el pixel que está por encima, por debajo, a la derecha y a la izquierda de un pixel concreto.

3.5.2 SIG Vectoriales

Un SIG vectorial está basado en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos, representando los objetos mediante las coordenadas de los puntos o vértices que los delimitan.

Se consideran, en general, tres tipos de dimensiones topológicas: la puntual (dimensión topológica cero), en la que cada punto se define por un par de coordenadas X,Y a las que se le puede asociar una cota como atributo; la lineal (dimensión topológica 1), en donde cada línea viene definida por las coordenadas de un punto origen y un punto final; los polígonos (dimensión topológica 2), que quedan definidos por líneas que se juntan en vértices.

Se observa que en un SIG vectorial el elemento más característico es la línea, definida por las coordenadas de sus puntos extremos. Un punto puede considerarse como una línea de longitud cero, o aquella línea en que el punto origen y el punto final coinciden. Los polígonos están compuestos por líneas, que se van anidando unas con otras y confluyen en otros puntos llamados vértices (ver figura 3.4).

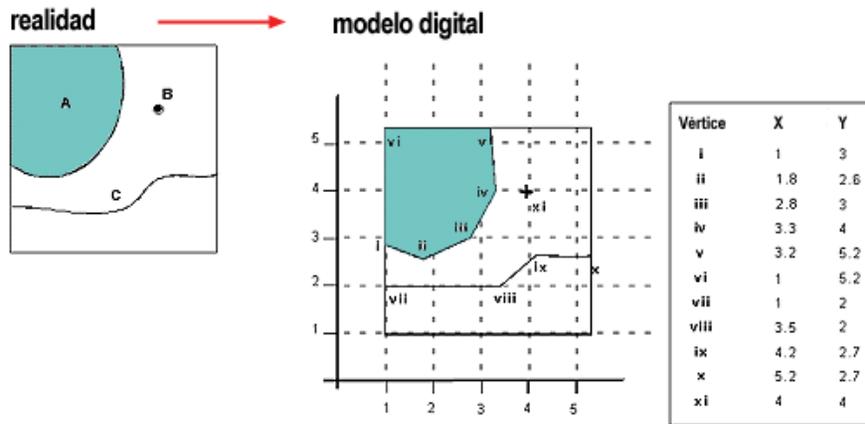


Fig. 3.4 Fundamentos de la representación vectorial en un SIG.

Existen diversas formas de almacenar la información vectorial. Unas se caracterizan por almacenar, por un lado, en ficheros independientes las coordenadas de los puntos y por otro, los puntos que componen cada polígono e incluso las relaciones de vecindad. Pero la estructura que mayor auge ha desarrollado en los últimos años es la denominada estructura de ARCO/NODO.

La estructura arco/nodo fue desarrollada por el Laboratorio de Gráficos de la Universidad de Harvard en Estados Unidos. En ella se describen dos elementos fundamentales: el arco o cadena y el nodo. El arco es una sucesión de líneas rectas encadenadas a través de sus vértices. El nodo es el punto en donde se cruzan o confluyen tres o más líneas rectas o corresponde con el final de un arco (ver figura 3.5).

En esta estructura arco/nodo, los polígonos quedan definidos por los arcos que los rodean. Los arcos se registran indicando el nodo de salida y el de llegada, así como anotando el polígono a la izquierda y el polígono a la derecha del arco. Se crean tablas de coordenadas de nodos y vértices de cada arco, tablas de topología de los arcos, topología de los polígonos y topología de los nodos.

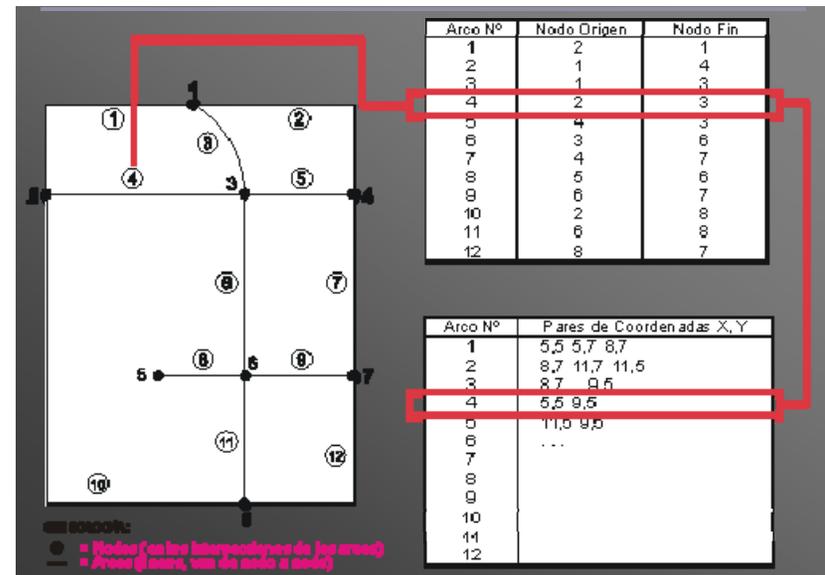


Fig. 3.5 Representación con estructura ARCO/NODO.

Estas tablas de topología de los distintos elementos permiten realizar con mayor facilidad algunos tipos de análisis espacial. La búsqueda de elementos adyacentes, la definición de itinerarios más cortos, la definición precisa de la superficie y el perímetro de las entidades, son claros ejemplos de la vocación de estos SIG vectoriales. La precisión de los perímetros y de las superficies obtenidas por estos SIG vectoriales dependerá solo de la precisión con que se hayan introducido las coordenadas de los puntos que definen los polígonos

3.5.3 Otros Tipos de SIG

Debido a la excesiva especialización de cada tipo de SIG en tareas concretas, se ha empezado a hablar de los SIG mixtos o híbridos. Con esta expresión se intenta definir aquellos Sistemas de Información Geográfica que son capaces de integrar datos estructurados de forma vectorial y datos estructurados en forma raster, y realizar conjuntamente sobre ellos análisis espaciales (ver figura 3.6).

El concepto de “híbrido” en un Sistema de Información Geográfica es bastante relativo. Más bien suele tratarse de Sistemas vectoriales que incorporan utilidades básicas de análisis de estructuras raster o, por el contrario, sistemas que trabajan en modo raster y son capaces de integrar capas de información vectorial.

Por lo general, cualquier Sistema de Información Geográfica, aunque se denomine híbrido, opera en su núcleo central como vectorial o como raster.

La capacidad de integrar imágenes en los SIG vectoriales, por sí sola, no debe conferirles la propiedad de denominarse SIG mixtos. Del mismo modo, muchos Sistemas de Información Geográfica de tipo raster con posibilidad de visualizar capas vectoriales sobre las imágenes, tampoco deberían calificarse como híbridos.

En este sentido existe demasiada confusión en el mercado, potenciada por las estrategias comerciales de las grandes empresas.

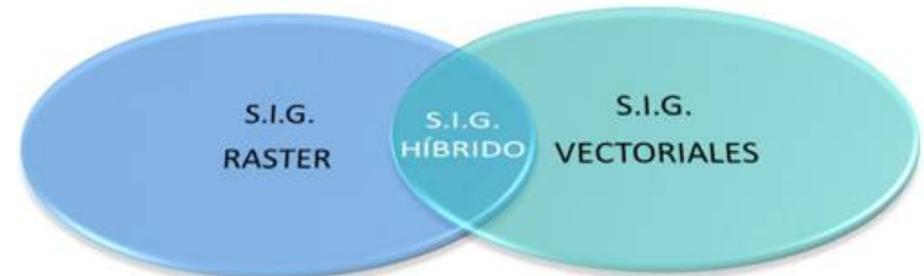


Fig. 3.6 *Sistemas de Información Geográfica de Tipo Mixto.*

3.6 Ventajas y Desventajas de los Modelos Raster y Vectorial

- El modelo raster es más simple desde el punto de vista conceptual y lógico. Su estructura regular en la disposición de los píxeles, lo hacen especialmente ágil en los procesos de análisis.
- En el modelo raster la precisión está condicionada al tamaño del píxel. Cuando se exigen altas precisiones en la georreferenciación, este modelo tiene serias dificultades.
- En la representación de datos cartográficos, para alcanzar similares precisiones, los modelos vectoriales necesitan menos capacidad de almacenamiento que los raster. Además, los vectoriales desarrollan en su integridad las relaciones topológicas.
- Las entidades geográficas que tienen límites precisos quedan mejor representadas en sistemas vectoriales. Cuando la entidad a localizar tiene unos límites difusos (áreas de influencia comercial, mapas de temperaturas), el modelo raster es mucho más adecuado.
- El cálculo de distancias y superficies en el modelo raster es siempre poco preciso y no llega nunca a alcanzar la exactitud obtenida por los sistemas vectoriales.
- Los sistemas raster suelen incluir más capacidades de procesamiento y análisis de imágenes que los modelos vectoriales, incluyendo en muchas ocasiones procedimientos de corrección radiométrica, simulación tridimensional, etc.
- El análisis topológico, las relaciones de vecindad, quedan mejor definidas en los sistemas vectoriales. El uso de bases de datos relacionales, mejor gestionadas por estos, les confieren esta cualidad.
- La definición de entidades u objetos geográficos se realiza mejor en los sistemas vectoriales y es además más fácil la asignación de atributos a dichos objetos.

De esta manera, para el desarrollo de esta Tesis se adoptará un Sistema de Información Geográfica Vectorial el cual es Arc View 3.2.

3.7 Arc View 3.2

ArcView es una herramienta desarrollada por la empresa estadounidense ESRI. Con ella se pueden representar datos georreferenciados, analizar las características y patrones de distribución de esos datos y generar informes con los resultados de dichos análisis.

Es un programa diseñado de forma modular, permitiendo añadir, según las necesidades de análisis, extensiones que van aumentando las capacidades de nuestro SIG, ofreciendo optimización de los recursos.

Aparte posee su propio lenguaje de programación Avenue, un lenguaje orientado a objetos y eventos, que permite personalizar la herramienta a todos los niveles, desde el básico (añadiendo menús, eliminando botones, etc.) a la programación más avanzada.

Las EXTENSIONES son programas complementarios que proporcionan funciones especializadas de SIG. ArcView incluye un conjunto de extensiones gratuitas:

- CAD Reader, para acceder a los formatos .dgn, .dxf o .dwg de CAD.
- Dialog Designer, para crear formularios.
- Digitizer, que permite la entrada directa de datos (en modo stream) a través de tabletas digitalizadoras.

- Image Reader, para lectura directa de archivos en formato ADRG, CDRG, CIB, IMAGINE, JPEG, MrSID, NITF y TIFF 6.0.
- Legend Tools, permite la creación de leyendas gráficas en las Layouts.

Los formatos de datos espaciales compatibles con ArcView son:

- Archivos shapefile (archivos de formas), propios de ArcView.
- Coberturas de ArcInfo. Se puede acceder a casi todos los datos espaciales almacenados en este formato, incluso los creados en PCArcInfo

Otros datos que también pueden añadirse para trabajar con ArcView:

- Datos de imagen, imágenes de satélite y fotografías aéreas.
- Dibujos CAD que se pueden leer activando la extensión del lector de CAD.
- Datos en forma de tabla, en formato de texto (ASCII) delimitado con tabuladores o comas e INFO utilizando la función de conexión con SQL se puede conectar a un servidor de base de datos.

4.- REPRESENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO, A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

4.1.-REPRESENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA URBANA DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO

4.1.1.- Representación de Ubicación Geográfica de la Delegación Gustavo A. Madero

En la siguiente figura se representa la ubicación geográfica de la Delegación.

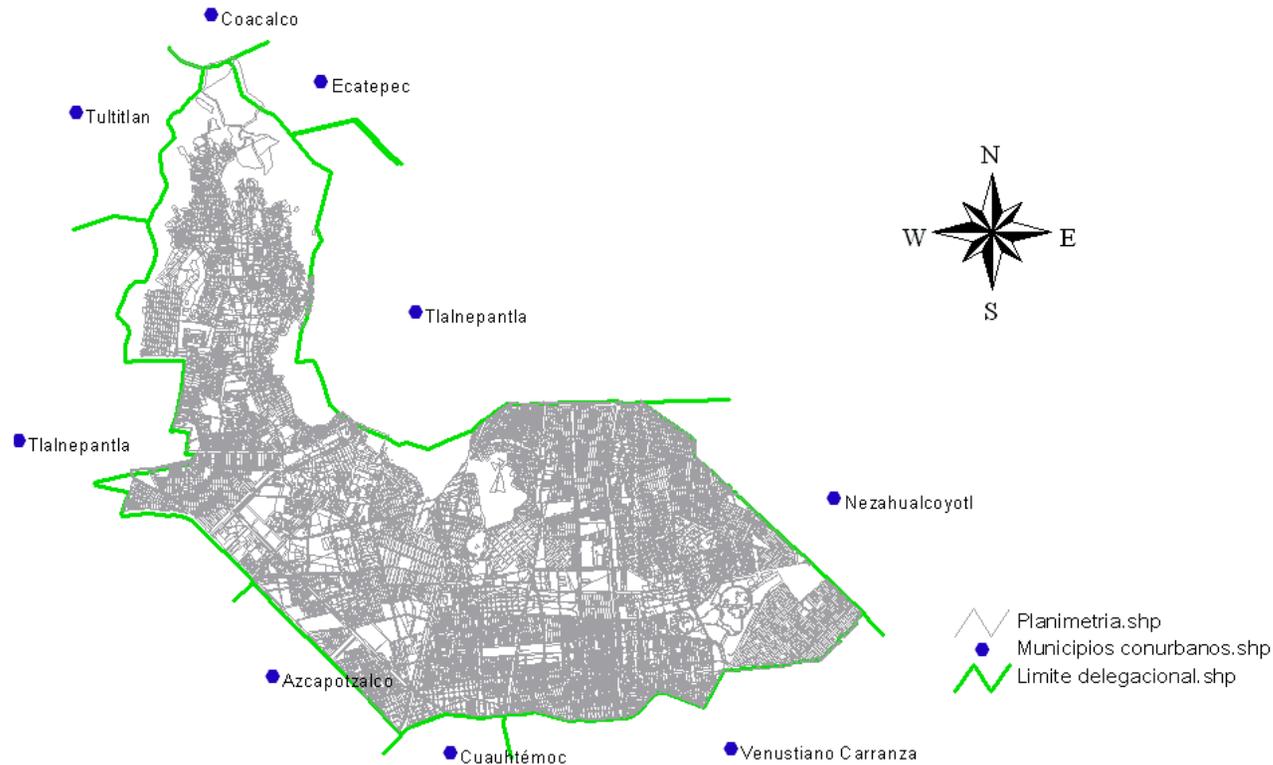


Fig. 4.1 Ubicación geográfica.

4.1.2.- Representación de la Superficie de la Delegación con Ortofoto

En la figura se muestra la representación de la superficie de la Delegación con Ortofoto.

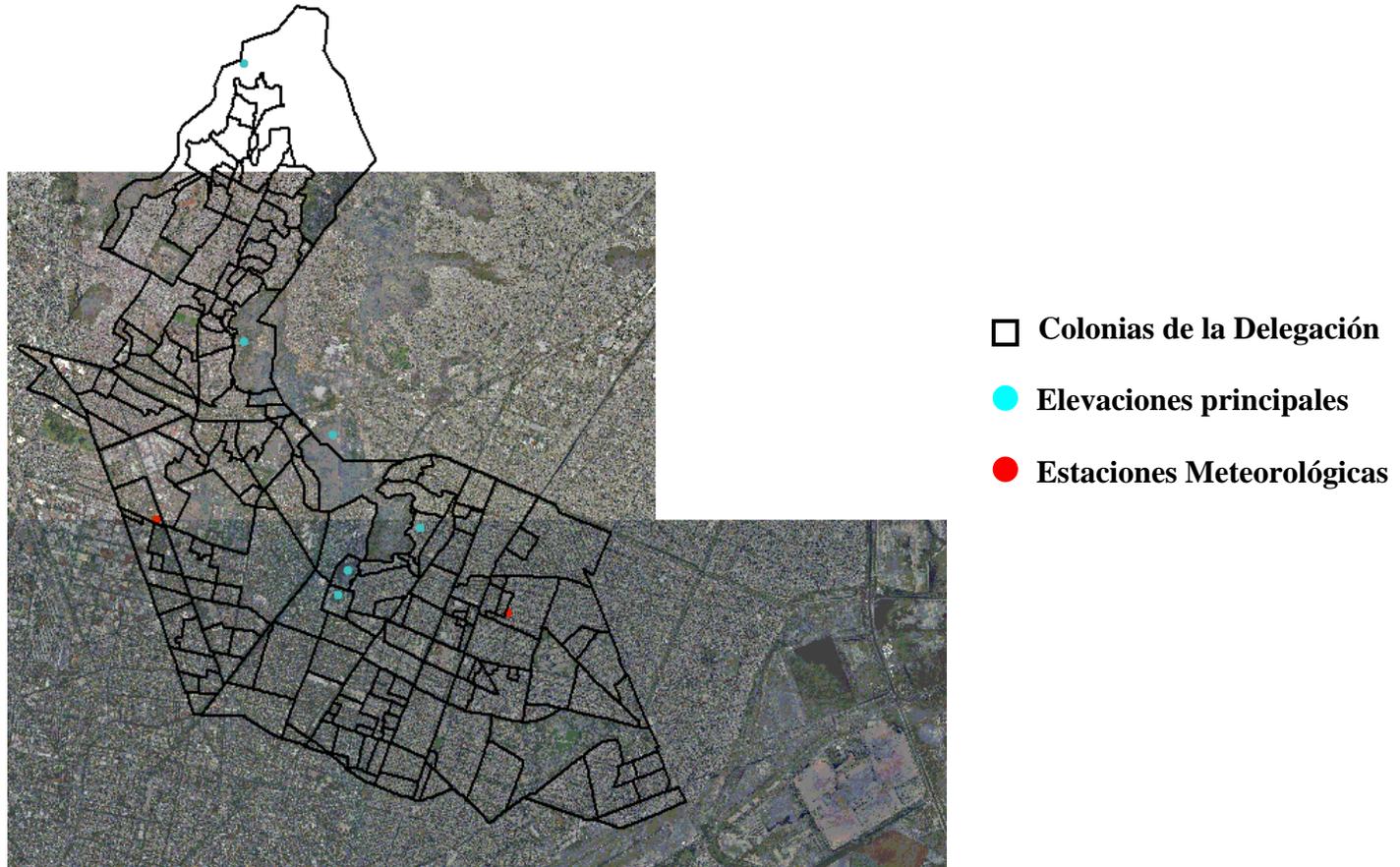


Fig. 4.2 Ortofoto.

4.1.3.- Representación de la Superficie de la Delegación

En la figura 4.3 se muestra la superficie de Delegación, en donde se identifican las áreas verdes y la zona urbana.

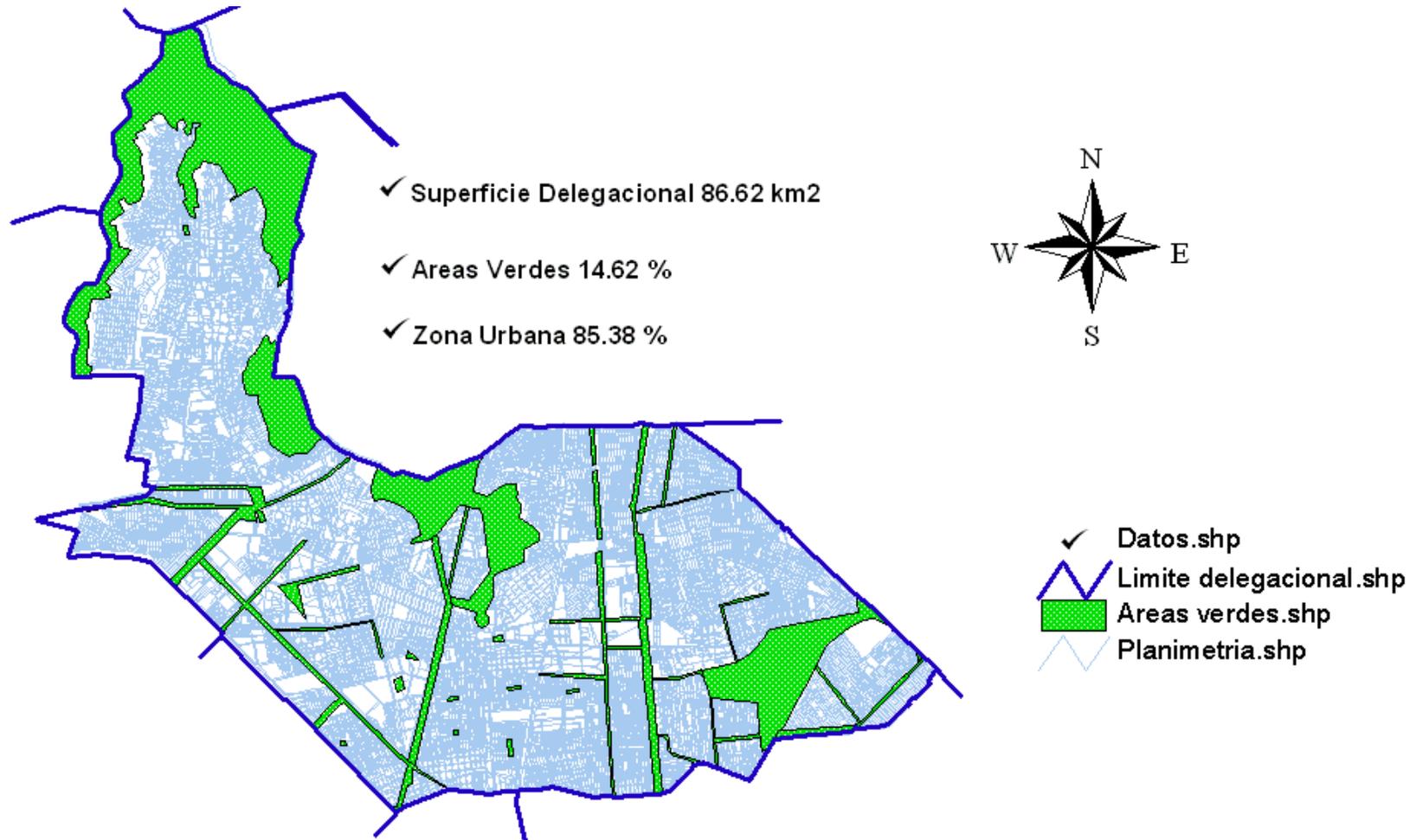


Fig. 4.3 Superficie delegacional.

4.1.4.- Representación de las Colonias de la Delegación

La figura 4.4 identifica las colonias principales que se tienen en la Delegación.

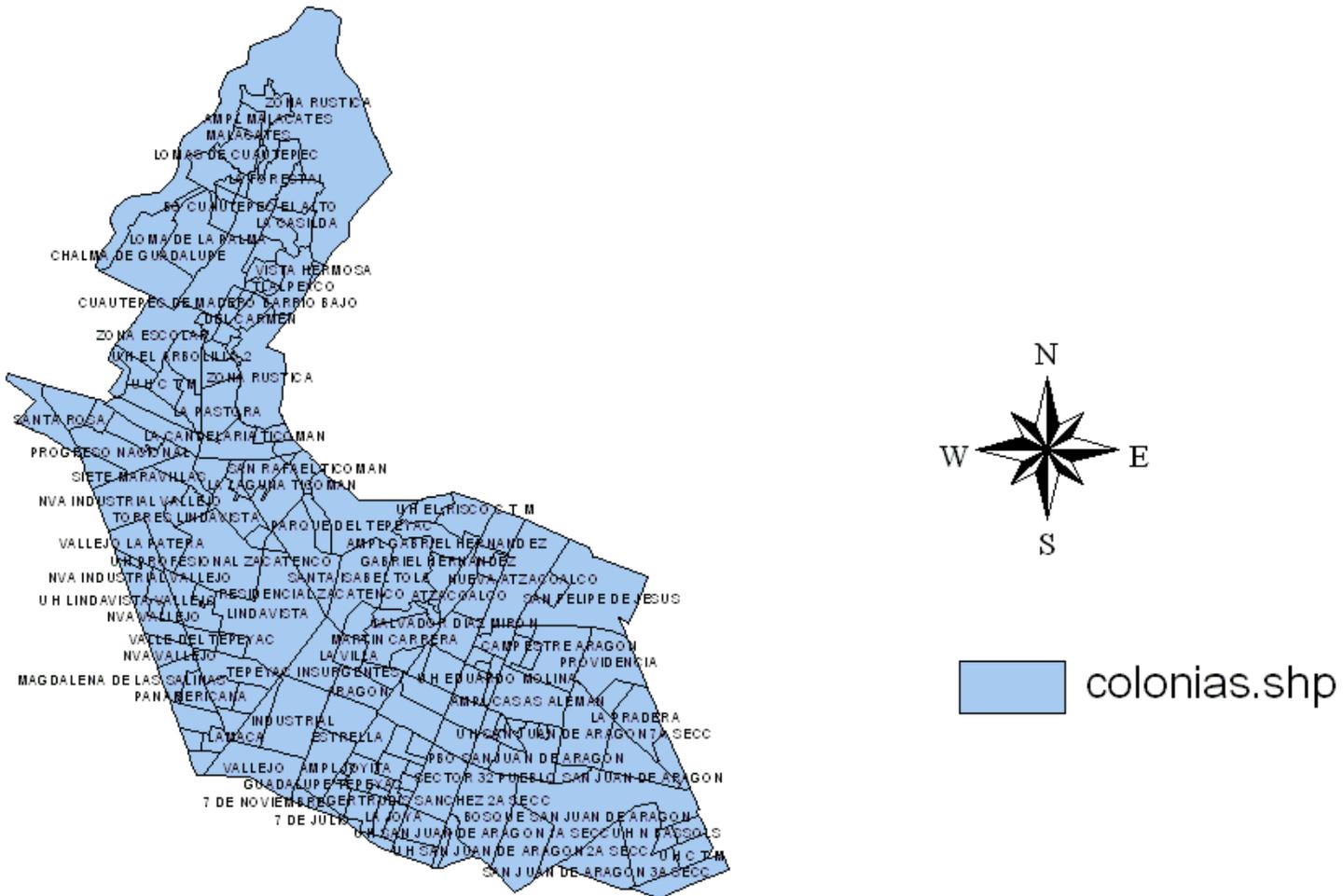


Fig. 4.4 Colonias de la delegación.

Con el uso del software Arc View, se puede administrar de una manera practica la información requerida como se muestra en la figura 4.5.

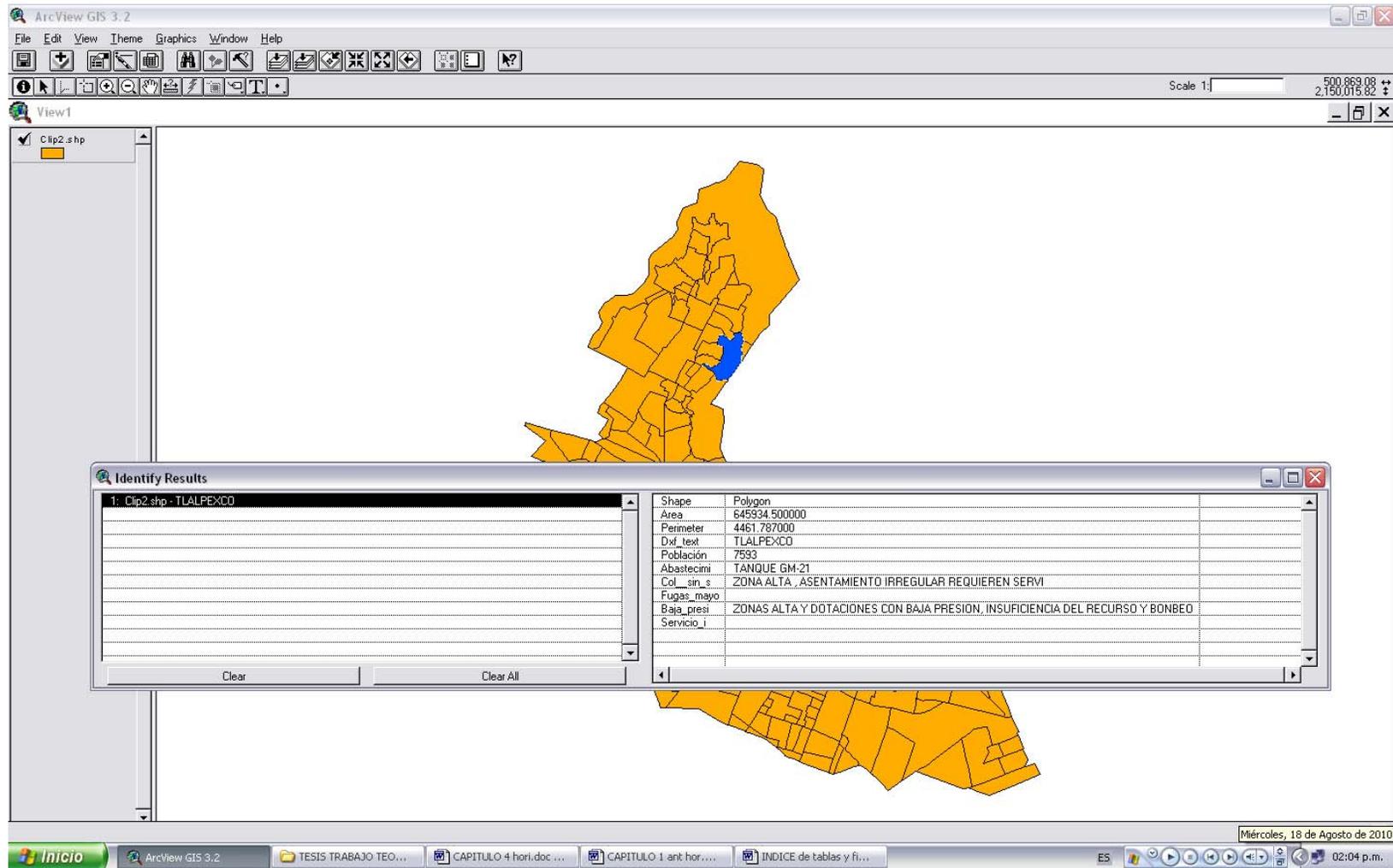


Fig. 4.5 Vista de la información de las colonias desde el programa Arc View.

4.1.5.- Representación de la Población de la Delegación

En la figura 4.6 se identifican las colonias de la Delegación, por número de habitantes.

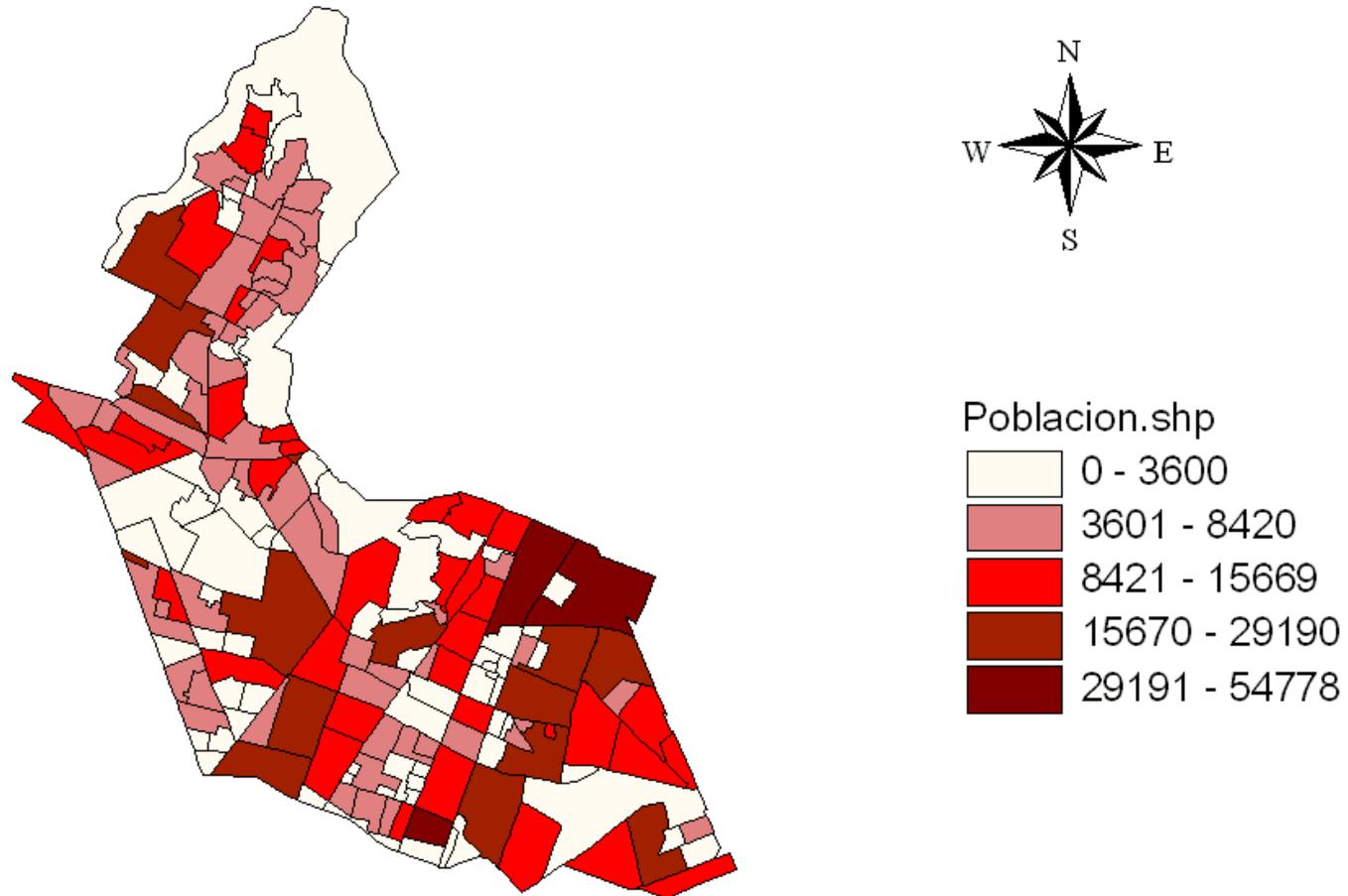


Fig. 4.6 Población de la delegación.

4.1.6.- Representación del Equipamiento Urbano de la Delegación

En la figura 4.7 se presenta el equipamiento urbano de la delegación como son: Hospitales, Universidades, Centros deportivos, etc.

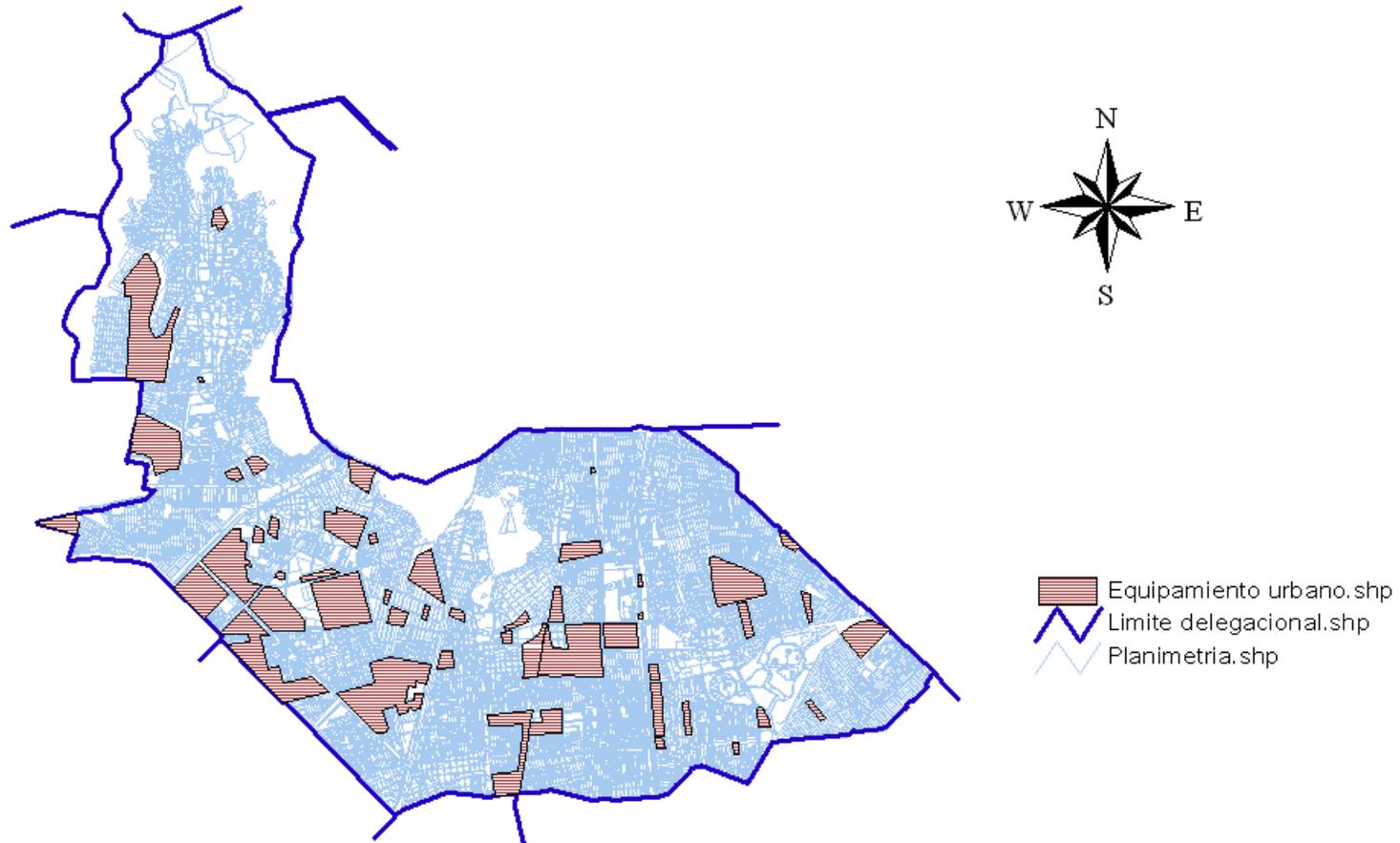
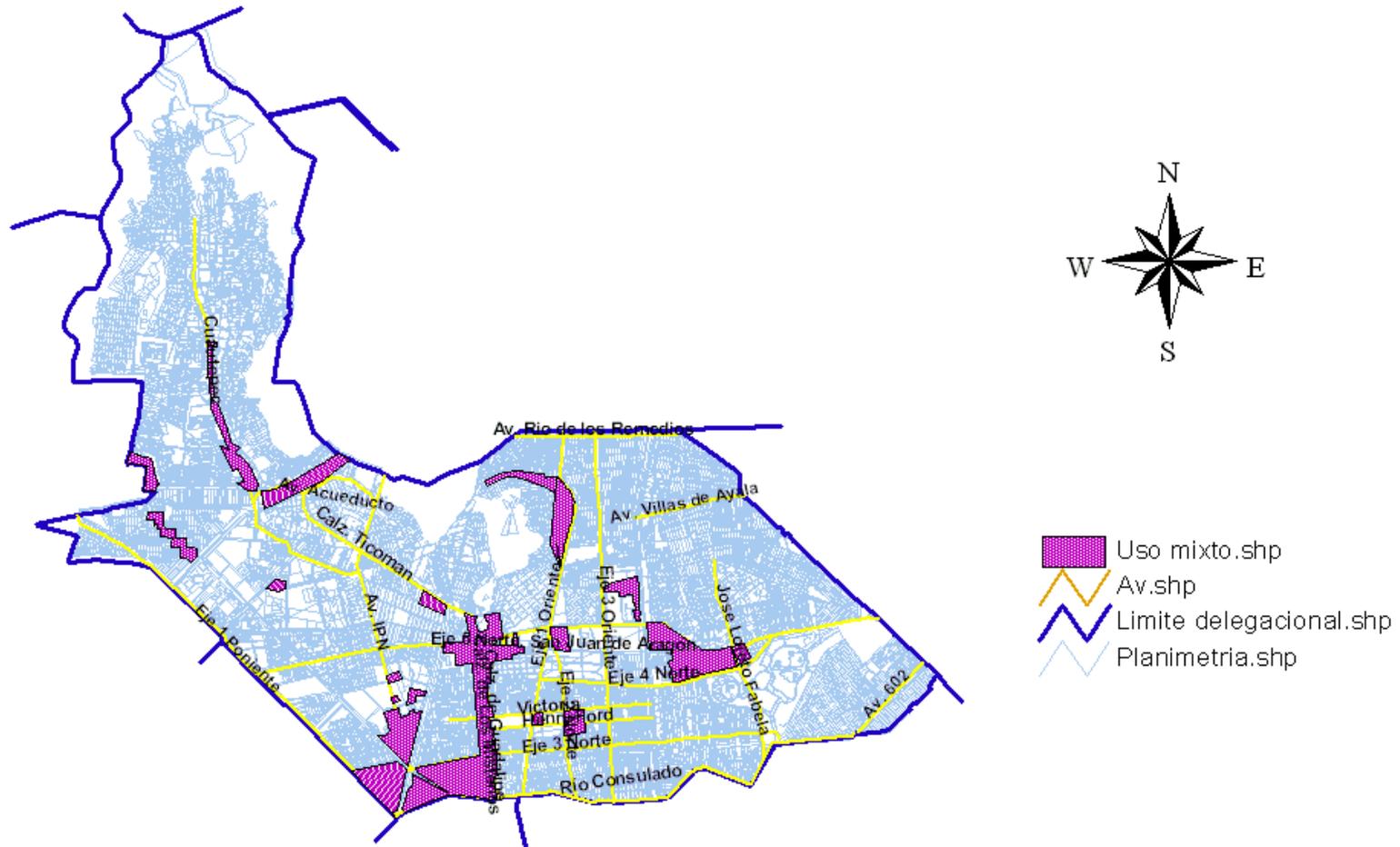


Fig. 4.7 Equipamiento urbano.

4.1.7.- Representación del Uso de Suelo Mixto de la Delegación

En la figura 4.8 se pueden identificar las zonas industriales de la Delegación.



4.1.8.- Representación de los Corredores Urbanos de la Delegación

La siguiente figura se identifica los corredores urbanos de la Delegación que son los sitios con mayor afluencia de personas para realizar la transferencia modal del transporte público.

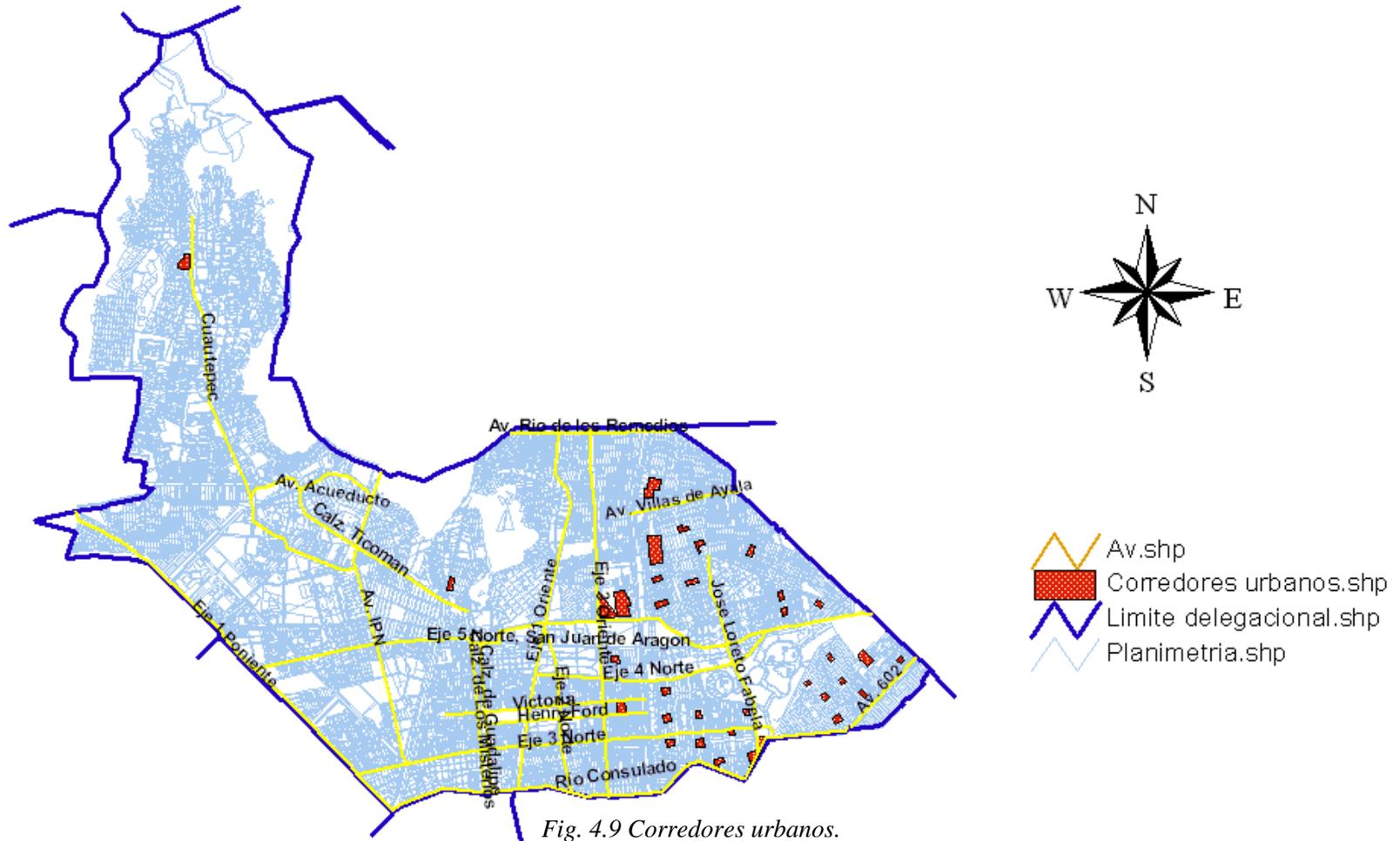


Fig. 4.9 Corredores urbanos.

4.1.10.- Representación de las Curvas de Nivel de la Delegación

La siguiente figura muestra las curvas de nivel comprendidas dentro del territorio, así como en la figura 4.12 se identifican las elevaciones principales.

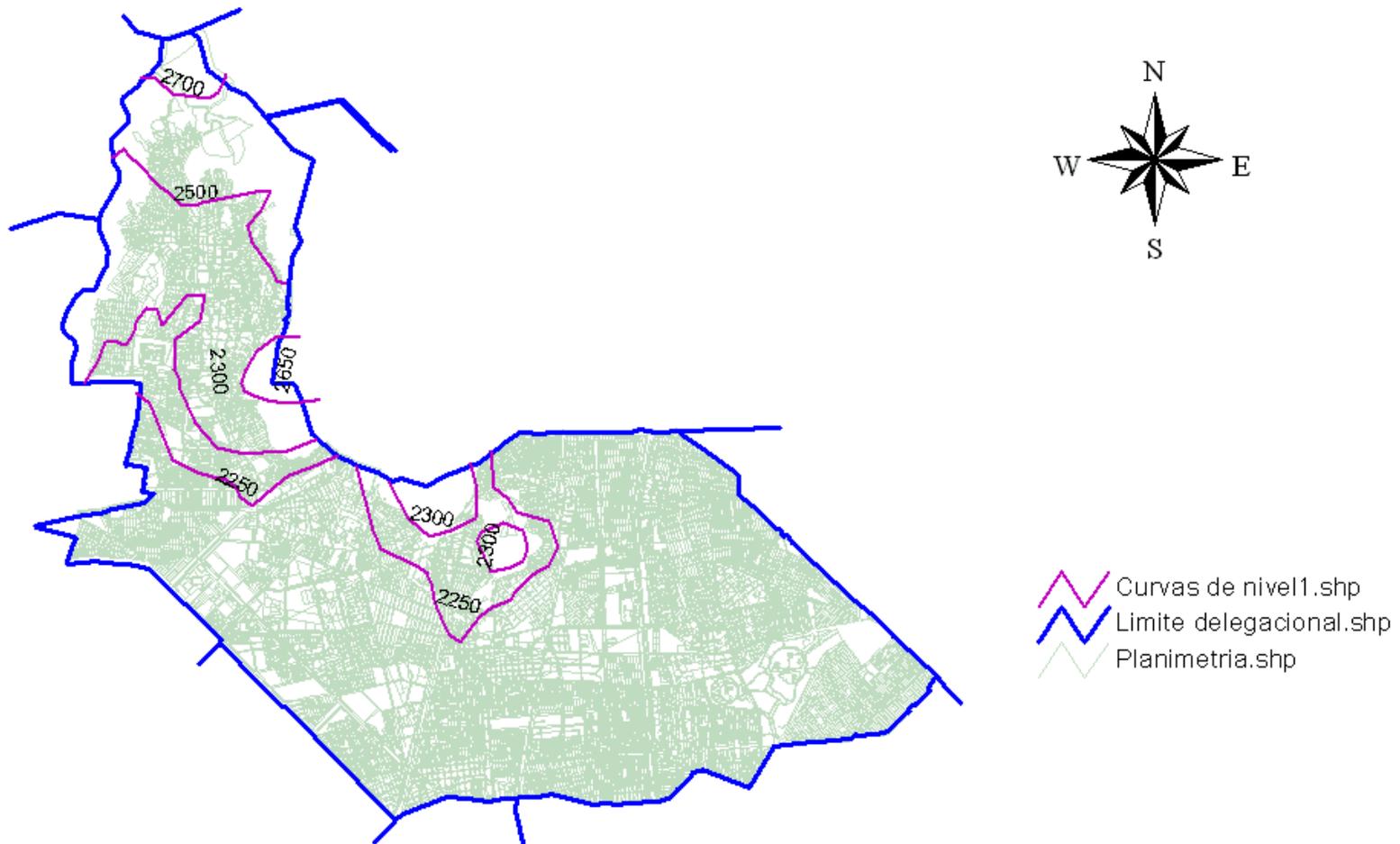


Fig. 4.11 Curvas de nivel.

4.1.11.- Representación de las Elevaciones Principales de la Delegación

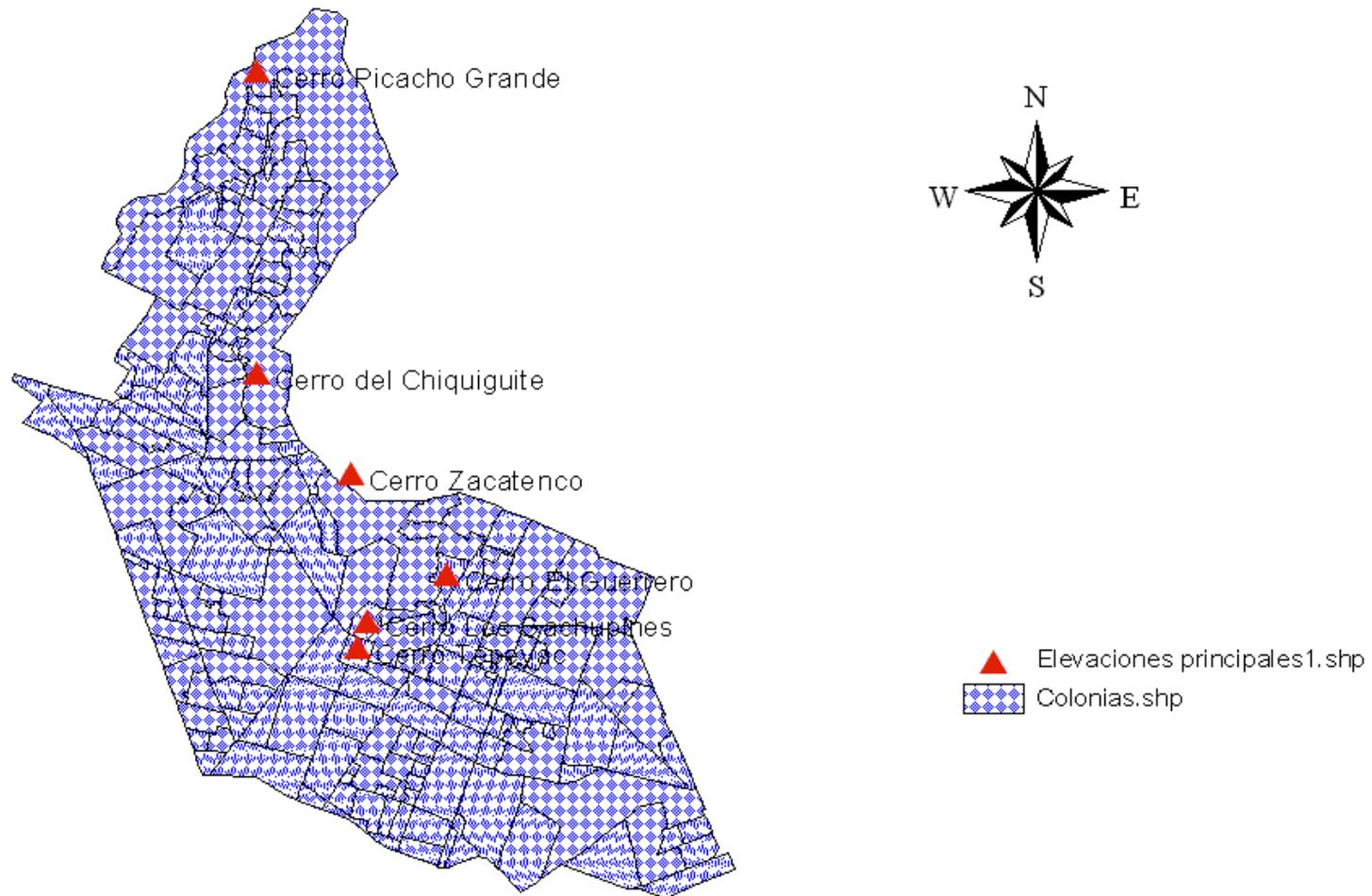


Fig. 4.12 Elevaciones principales.

4.1.12.- Representación de las Estaciones Meteorológicas de la Delegación

En la figura 4.13 se identifican las estaciones meteorológicas de la Delegación.

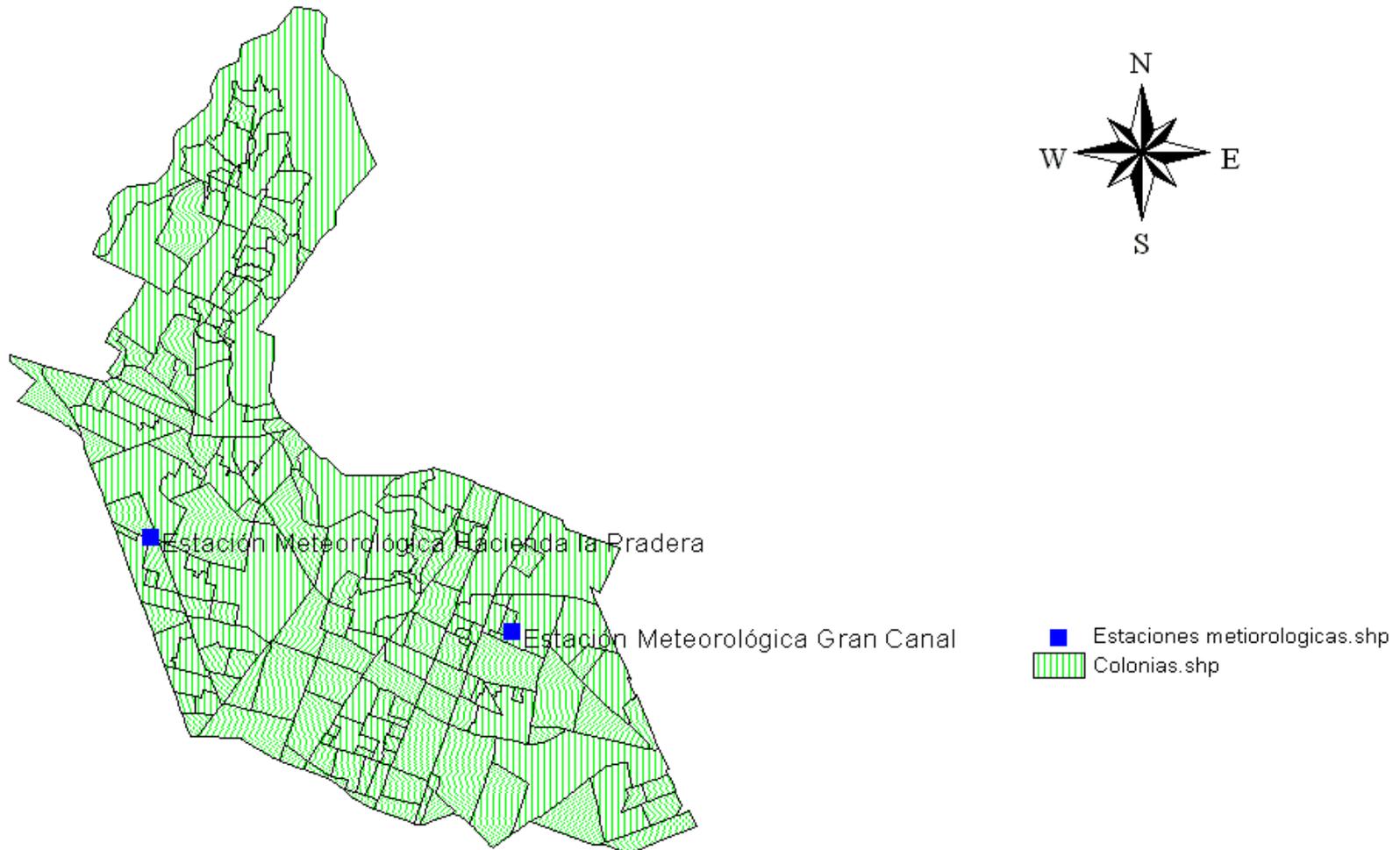


Fig. 4.13 Estaciones meteorológicas.

4.1.13.- Representación de las Características Geológicas de la Delegación

La figura 4.14 delimita la Delegación por sus características geológicas o tipo de suelo.

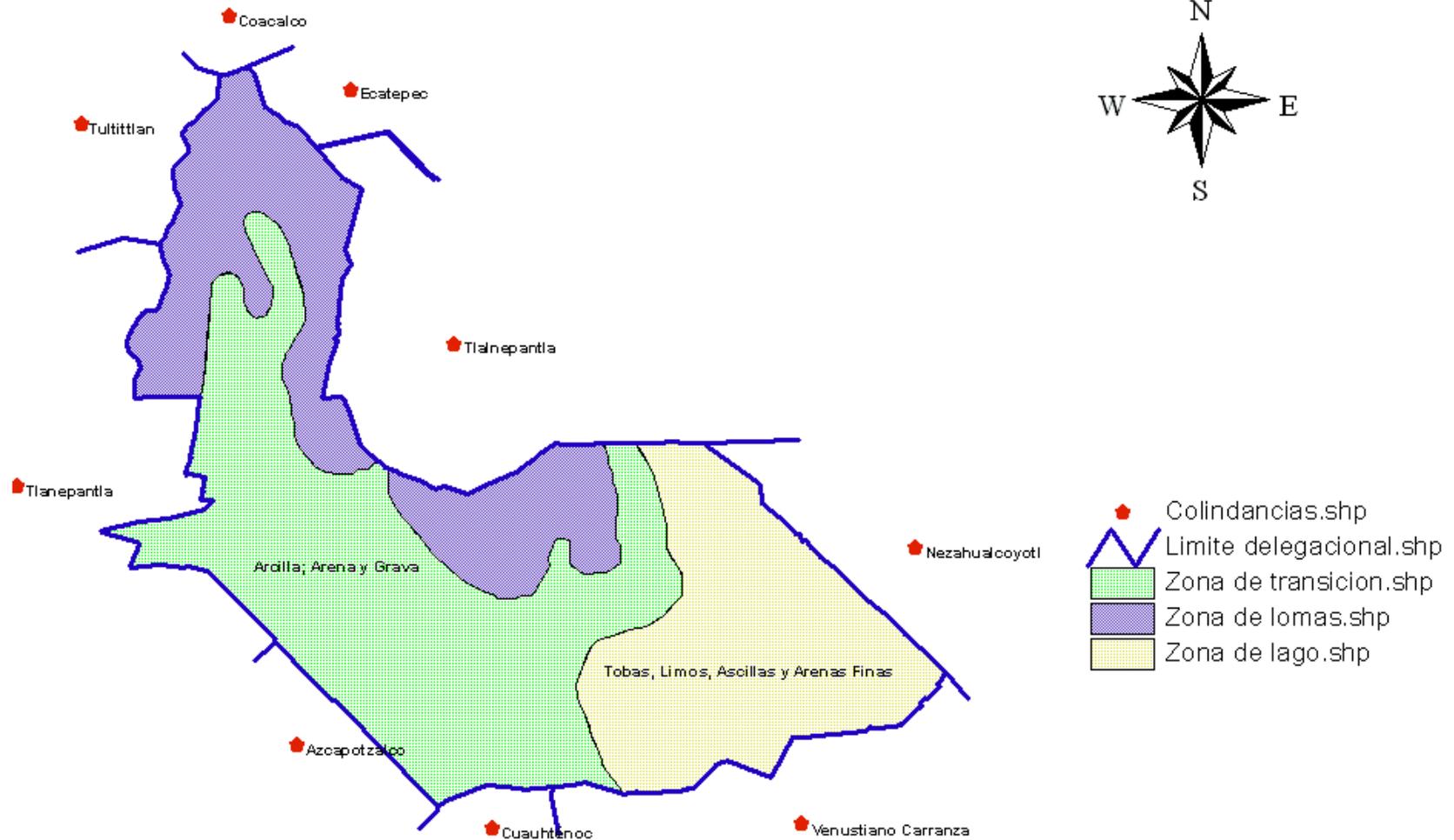


Fig. 4.14 Características geológicas.

4.2 REPRESENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA DE LA DELEGACIÓN GUSTAVO A. MADERO

4.2.1.- Representación de los Pozos de Extracción de Agua de la Delegación

En la Delegación solo se tiene dos pozos de extracción, representados en las figuras 4.15.

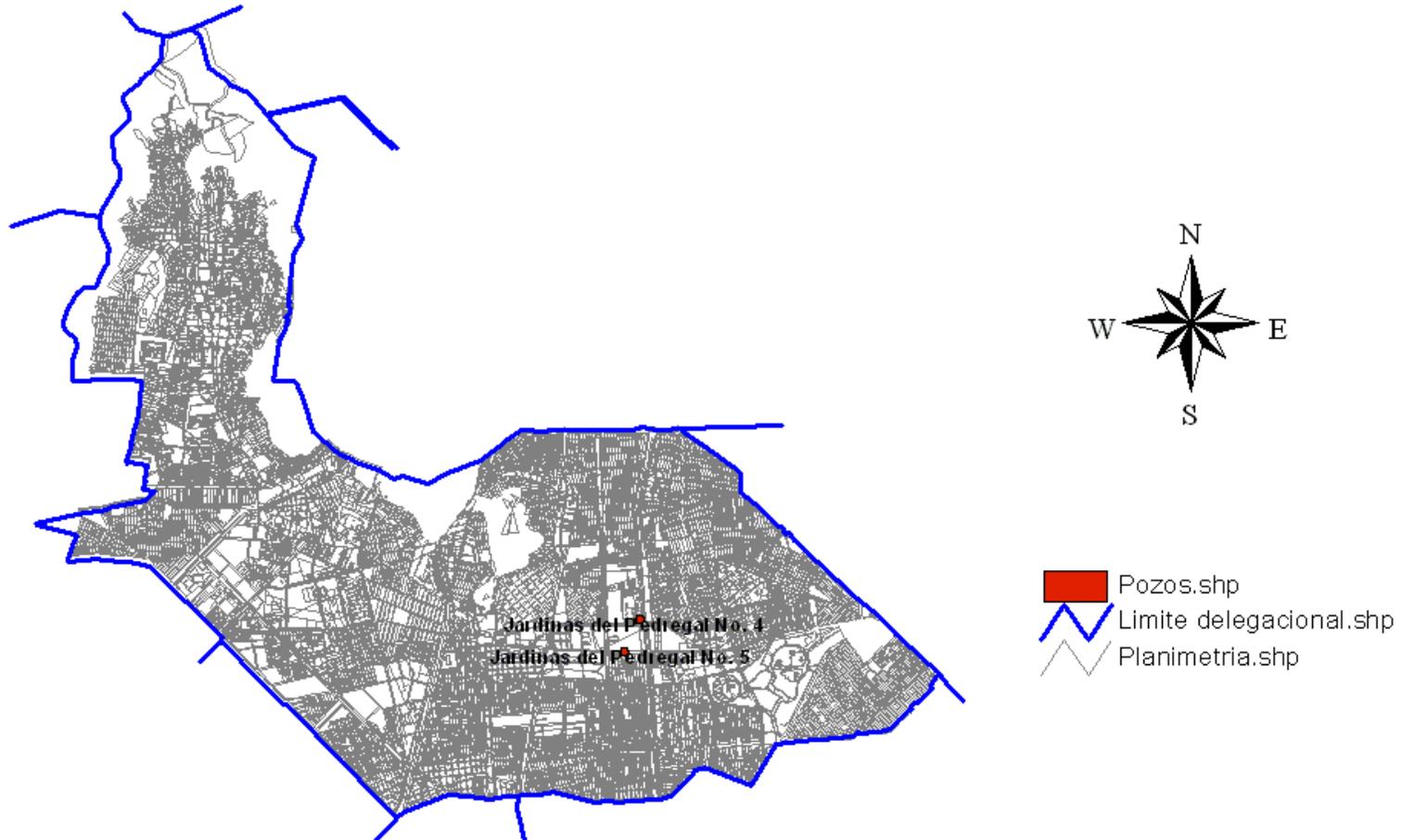


Fig. 4.15 Pozos de extracción.

Una característica del Software Arc View, es que se visualizan puntos específicos de la información, como se muestran en las figuras 4.16 y 4.17



Fig. 4.16 Detalle de los pozos.

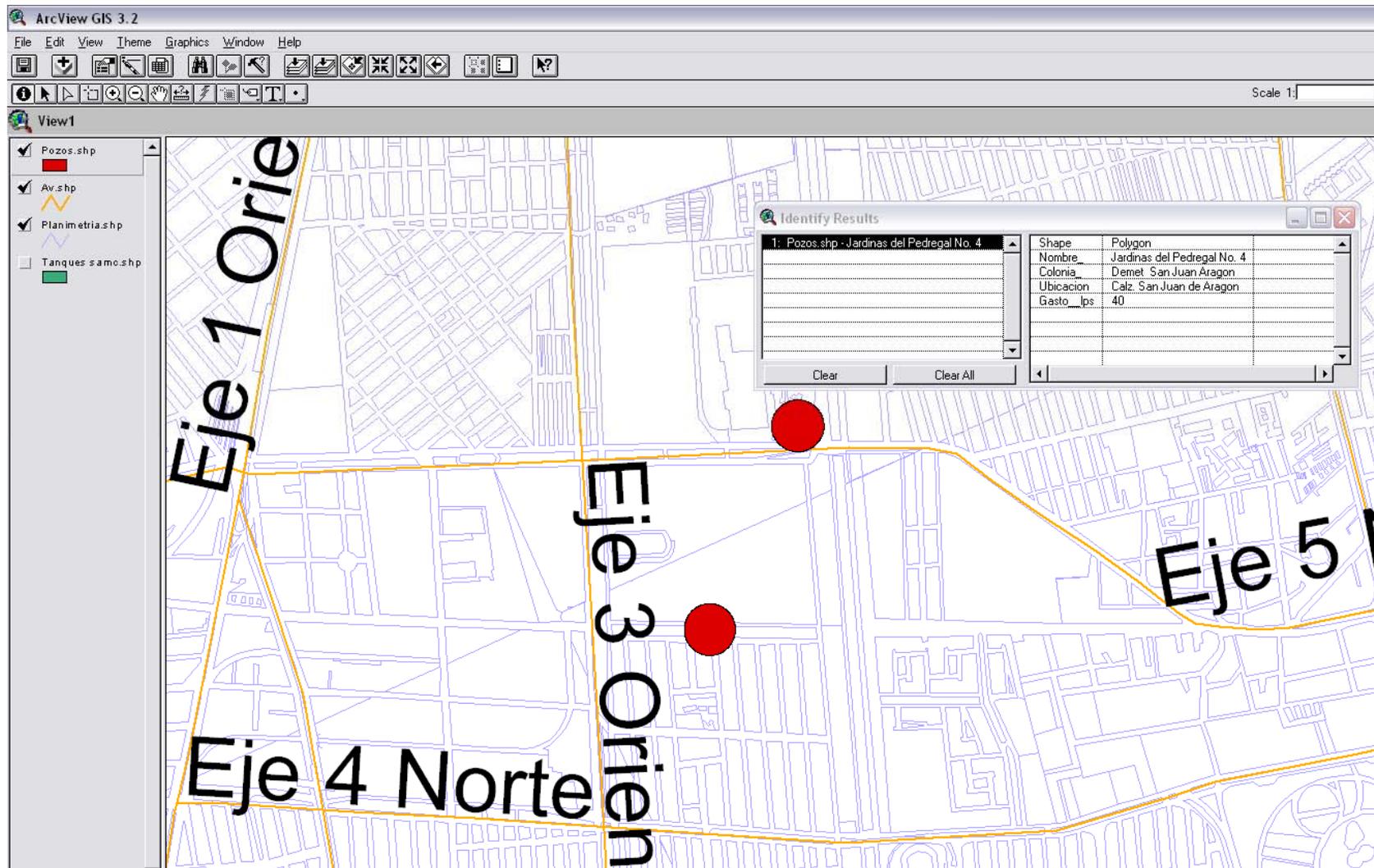


Fig. 4.17 Vista de la información de los pozos desde el programa ArcView.

4.2.2.- Representación de los Tanques de Almacenamiento de Agua Potable de la Delegación

En las figuras 4.18, 4.19 y 4.20 se observa donde están localizados los tanques de almacenamiento de agua potable.

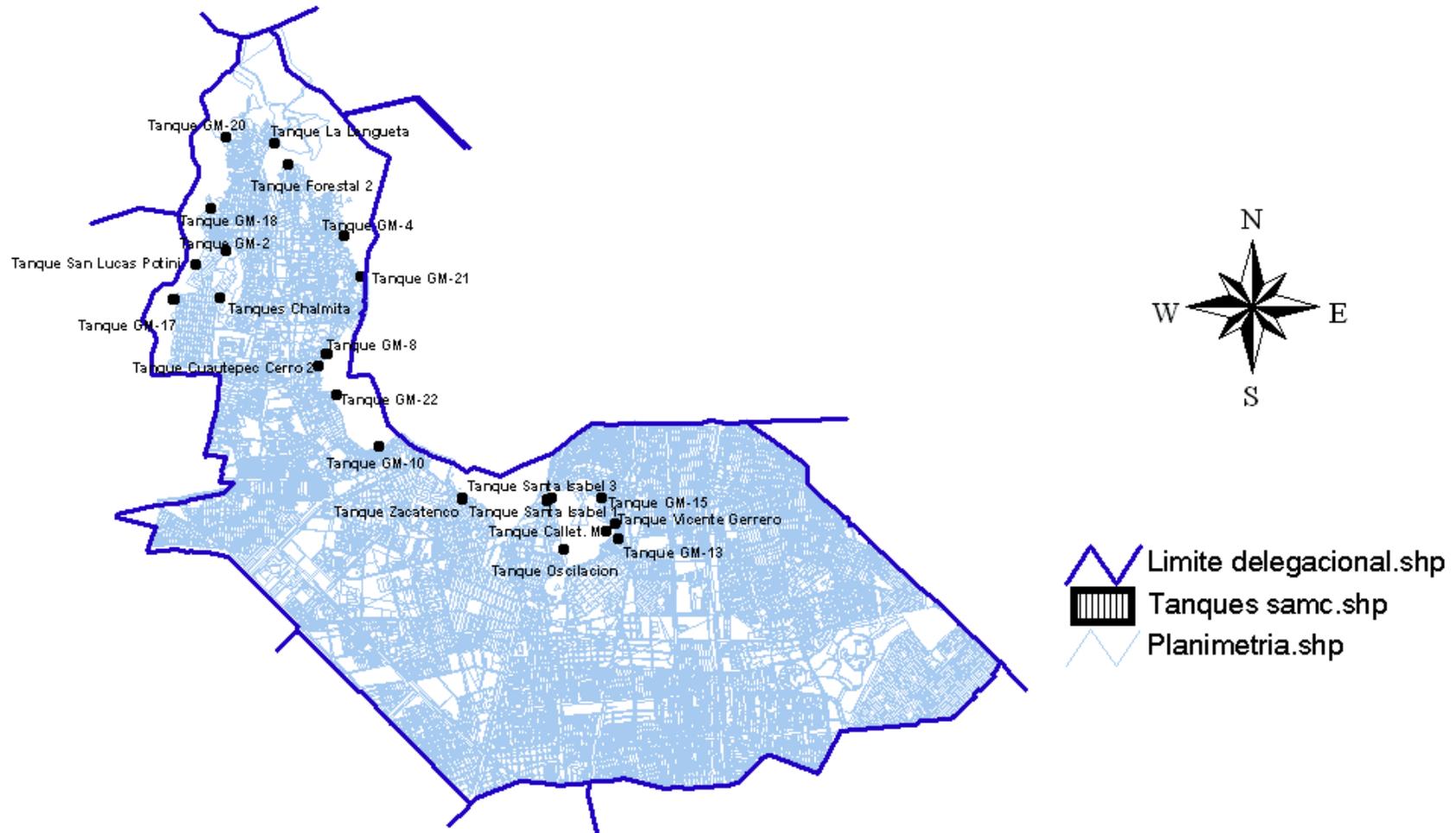


Fig. 4.18 Tanques de almacenamiento.

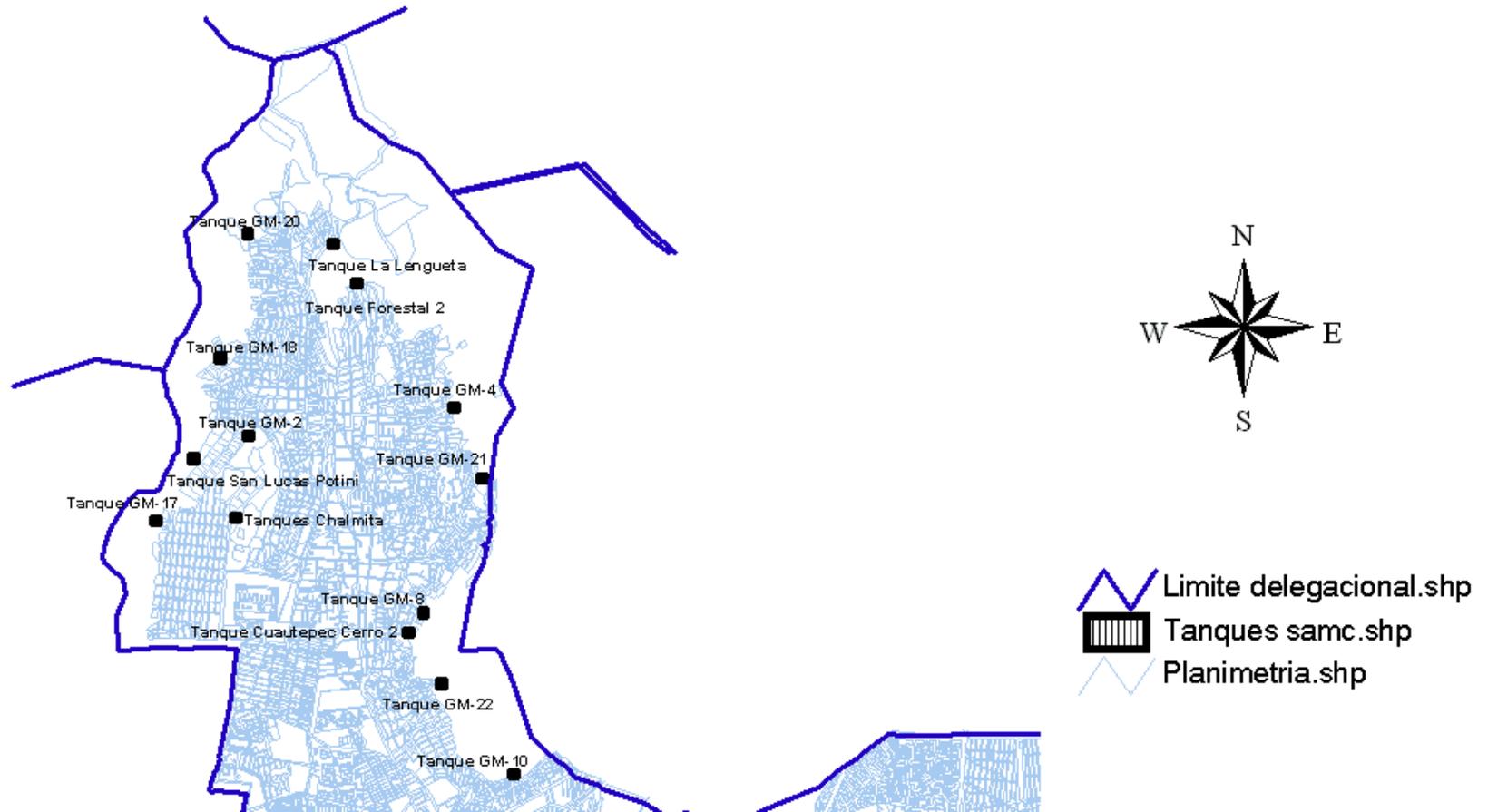


Fig. 4.19 Tanques de almacenamiento zona norte de la delegación.

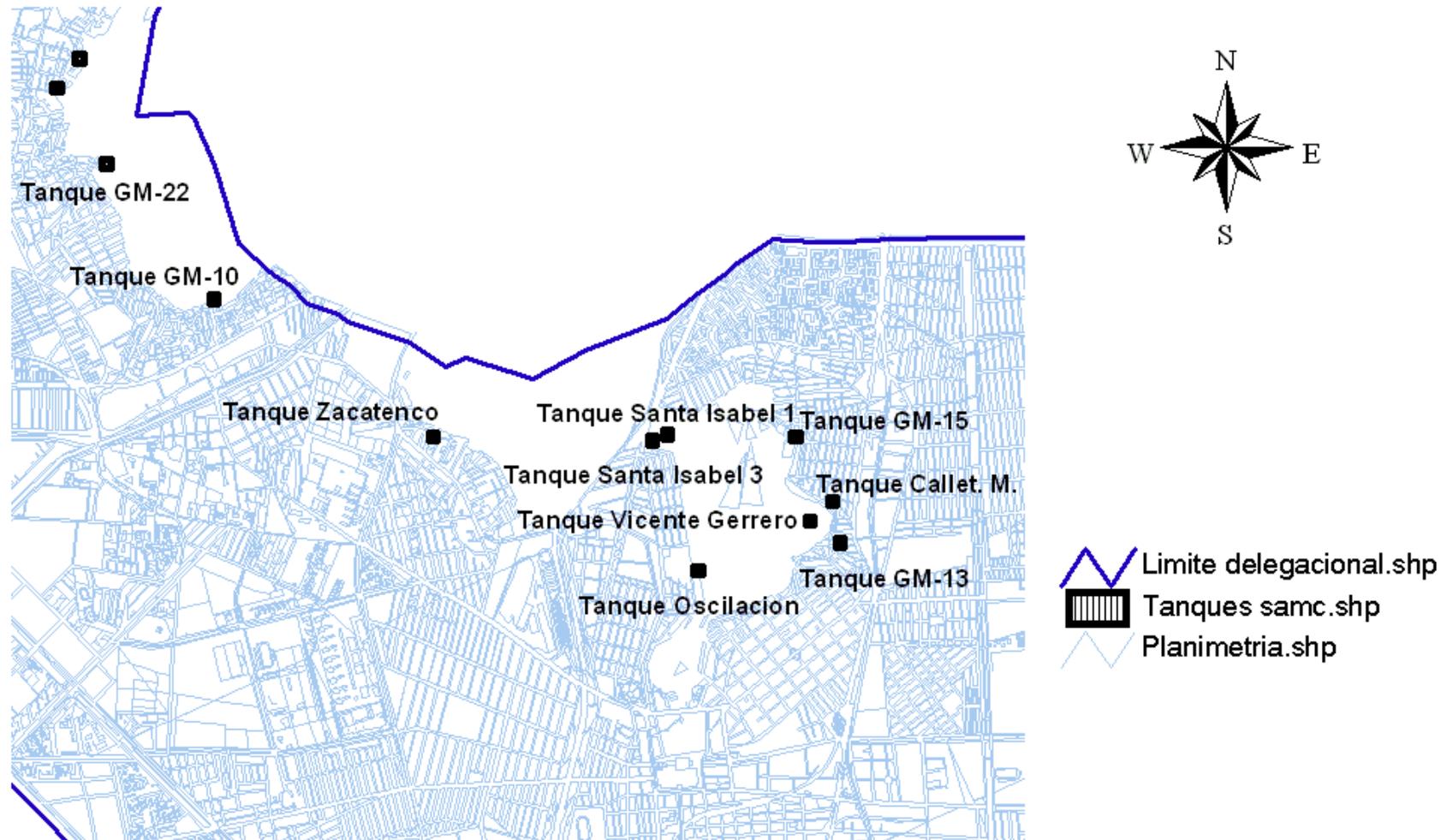


Fig. 4.20 Tanques de almacenamiento zona centro de la delegación.

El Software tiene la capacidad de editar la información, para tenerla actualizada como se muestra en la siguiente figura:

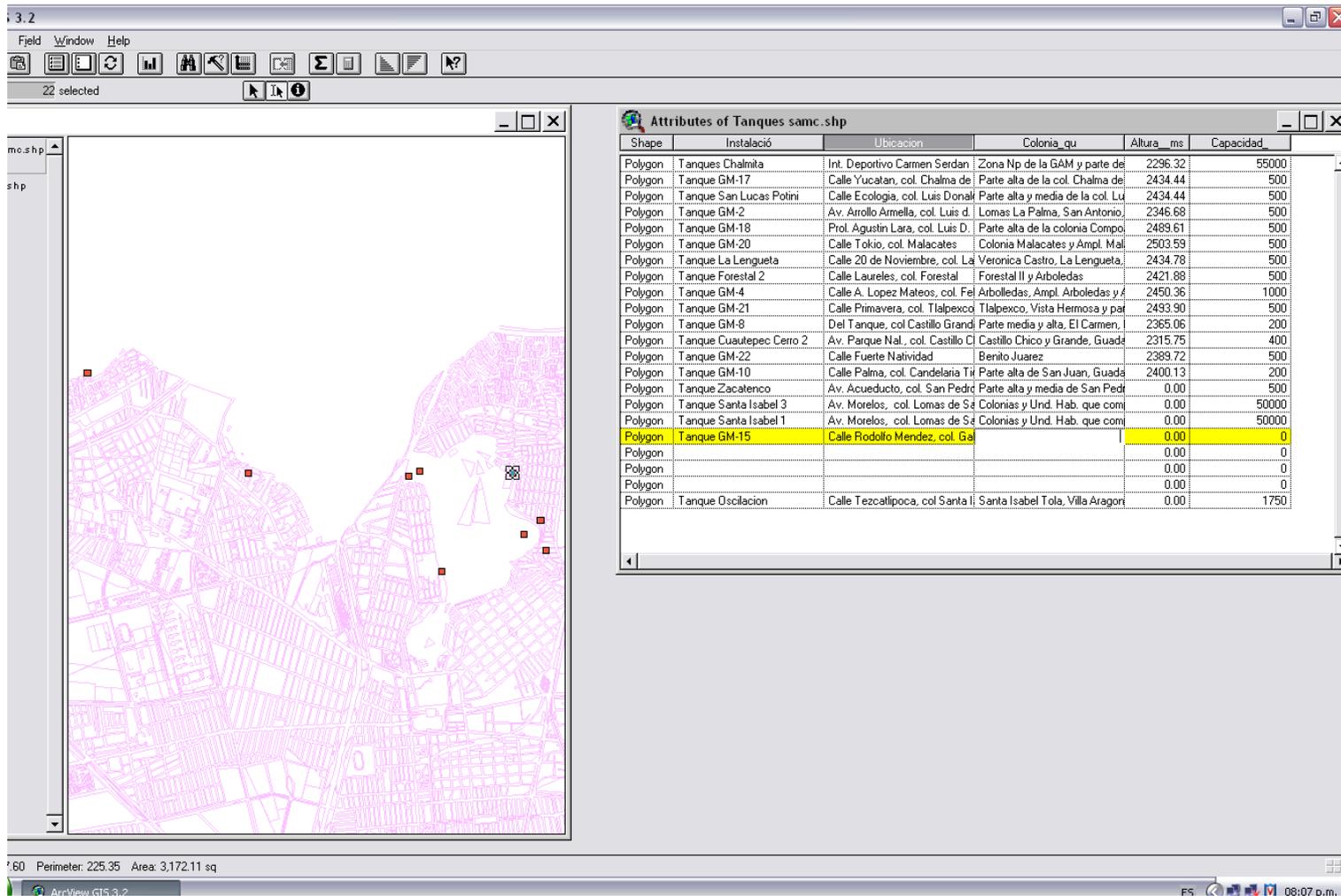


Fig. 4.21 Vista de la captura de datos de los tanques en el programa Arc View.

La siguiente figura muestra una pantalla del programa, donde se consulta información específica de un tanque.

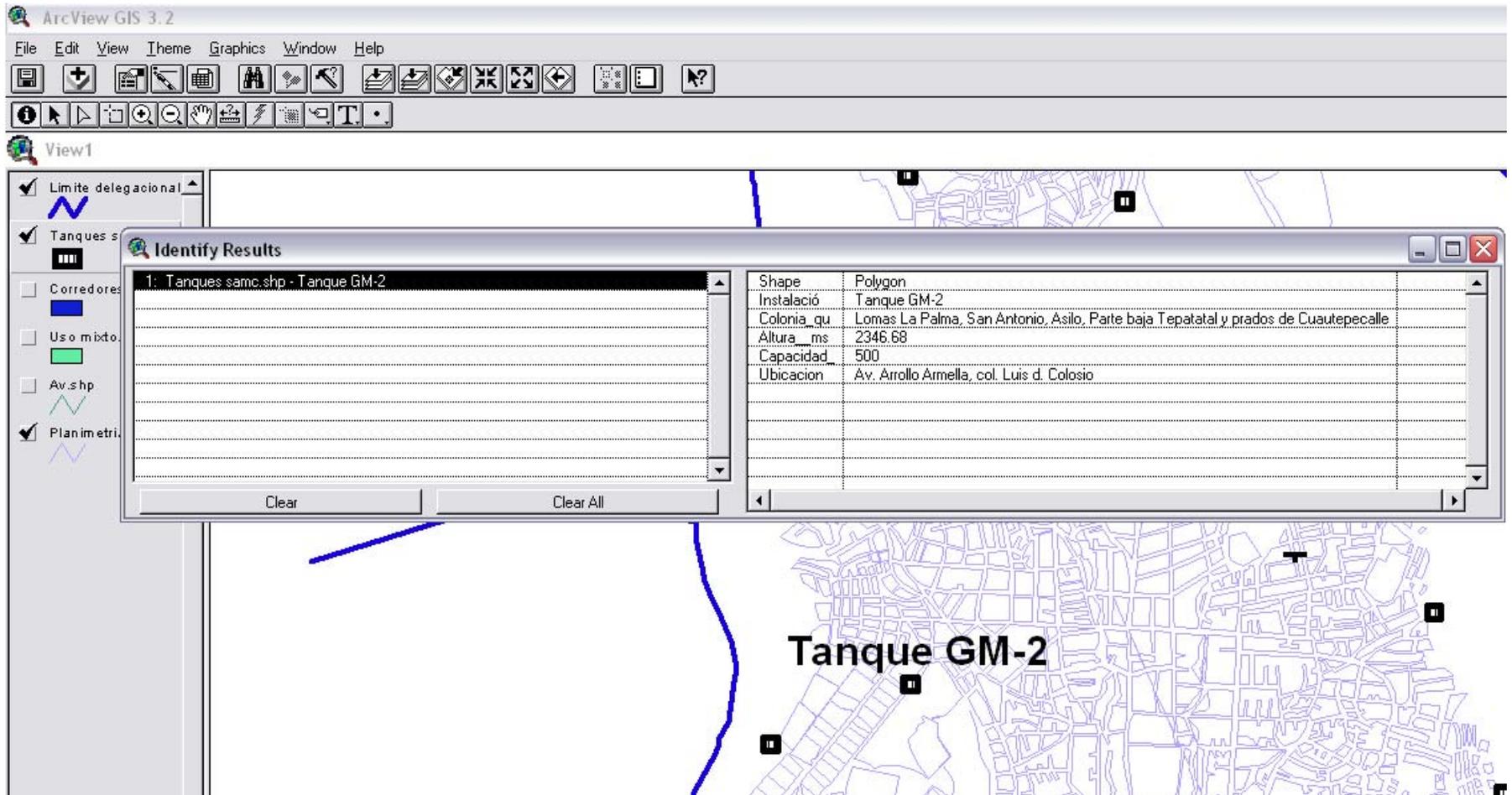


Fig. 4.22 Vista de la información del tanque GM-2 desde el programa Arc View.

La figura 4.23 muestra las colonias que están abastecidas con tanque, así como los tanques que las abastecen.

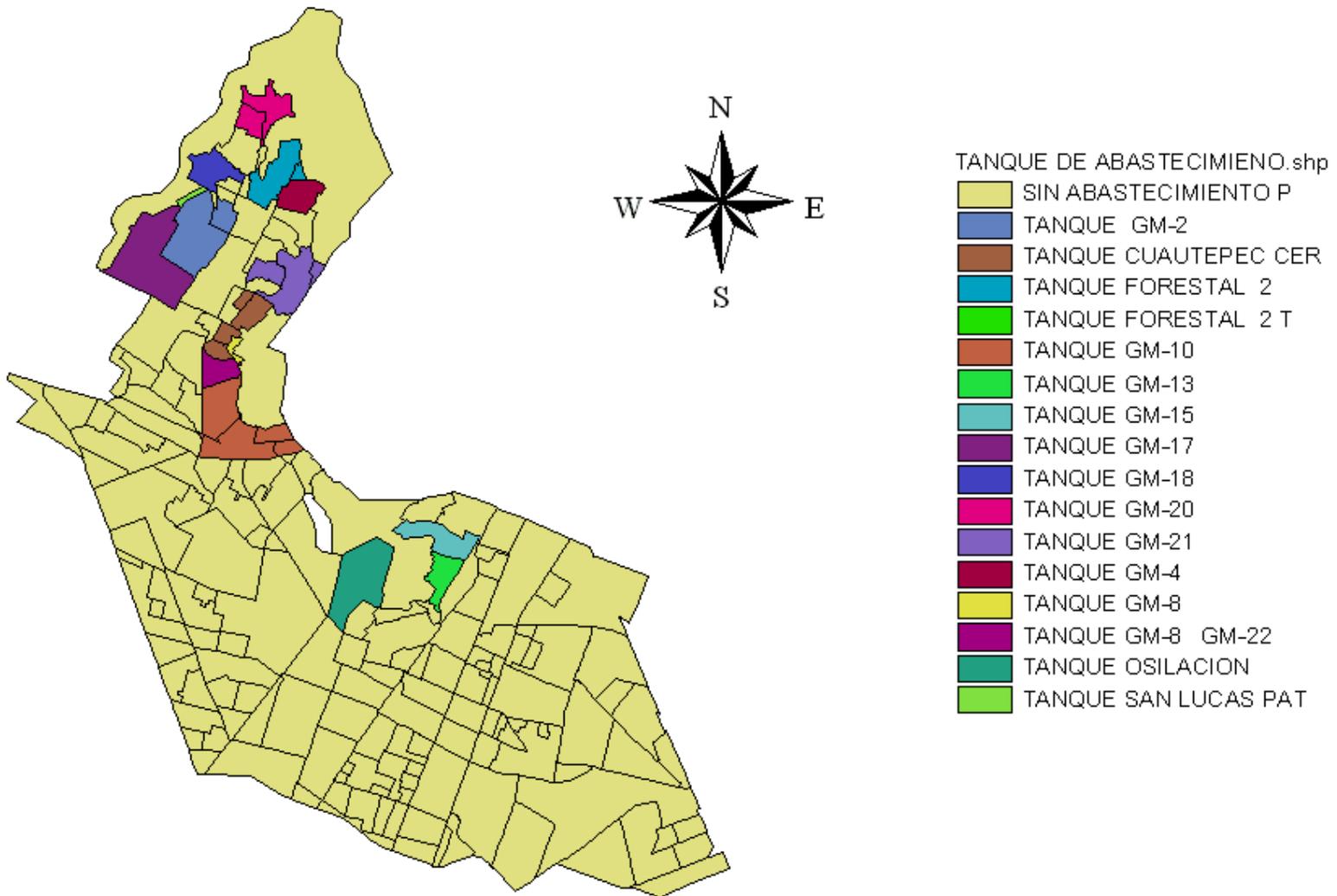


Fig. 4.23 Zonas de influencia de los tanques de abastecimiento.

4.2.3.-REPRESENTACIÓN DE REDES

4.2.3.1.- Representación Red Primaria de Agua Potable de la Delegación

La siguiente figura muestra la cobertura que tiene la red primaria de agua potable.

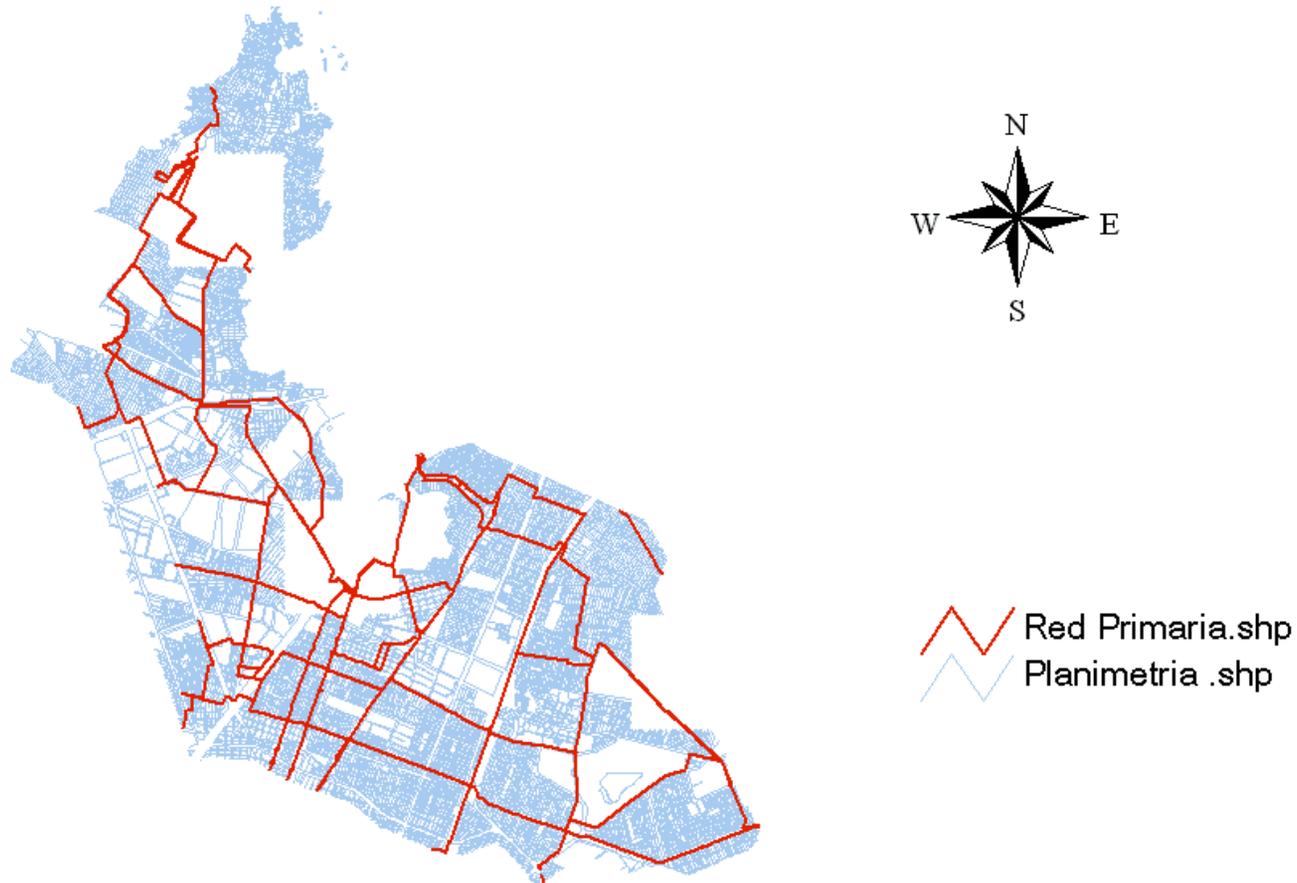


Fig. 4.24 Red primaria de la delegación.

4.2.3.2.- Representación Red Secundaria de Agua Potable de la Delegación

En esta figura se observar la cobertura de la red secundaria de agua potable.

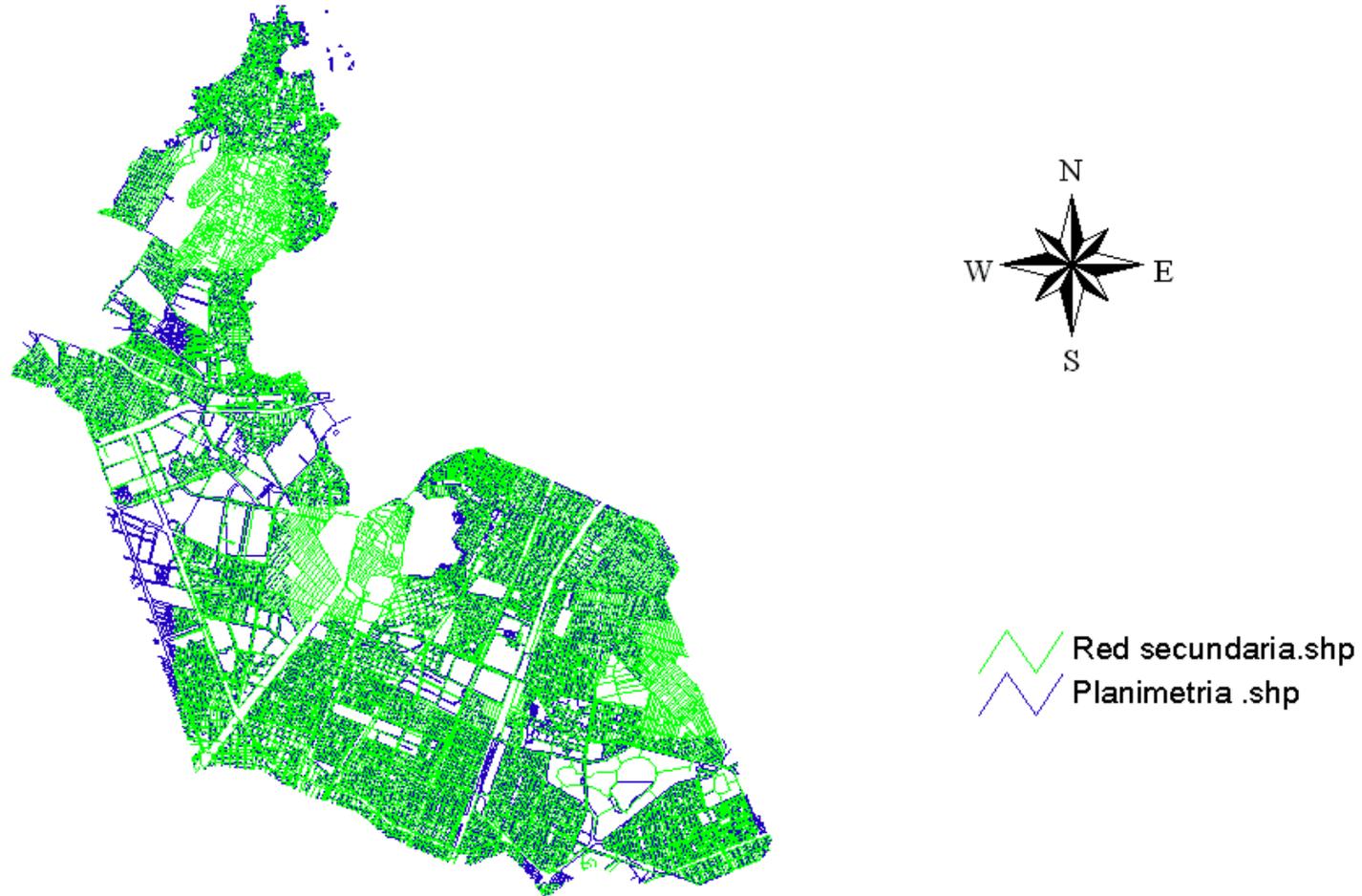


Fig. 4.25 Red secundaria de la delegación.

4.2.3.3.- Representación red primaria y secundaria de agua potable de la Delegación

En la figura 4.26 ilustra los puntos donde convergen las redes primaria y secundaria.

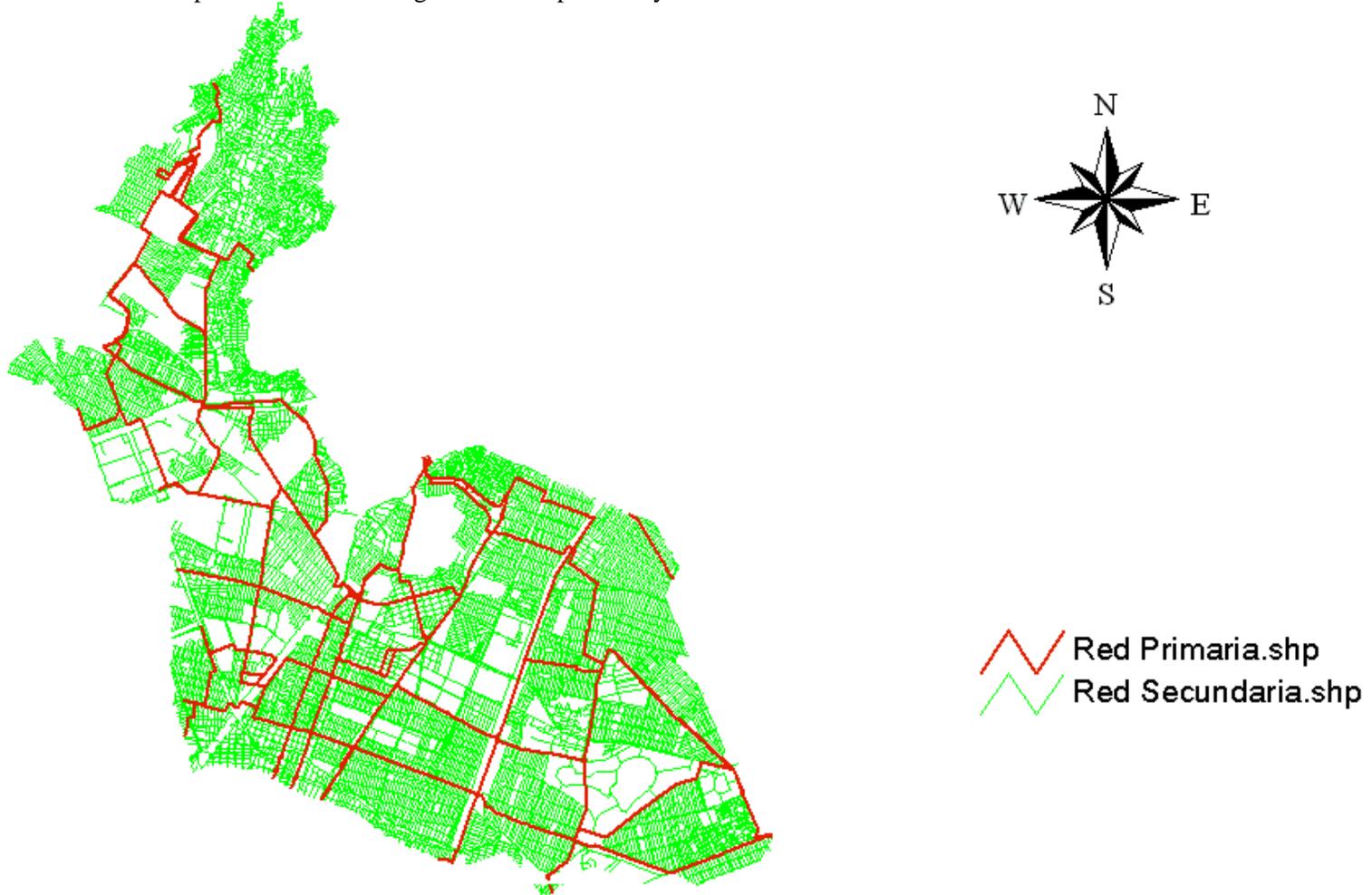


Fig. 4.26 Red primaria y secundaria de la delegación.

4.3.- REPRESENTACIÓN DEL SUMINISTRO ACTUAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

4.3.1.-Representación de las Colonias Sin Servicio

La figura 4.27 muestra las colonias de la delegación que no cuentan con el suministro de agua potable.

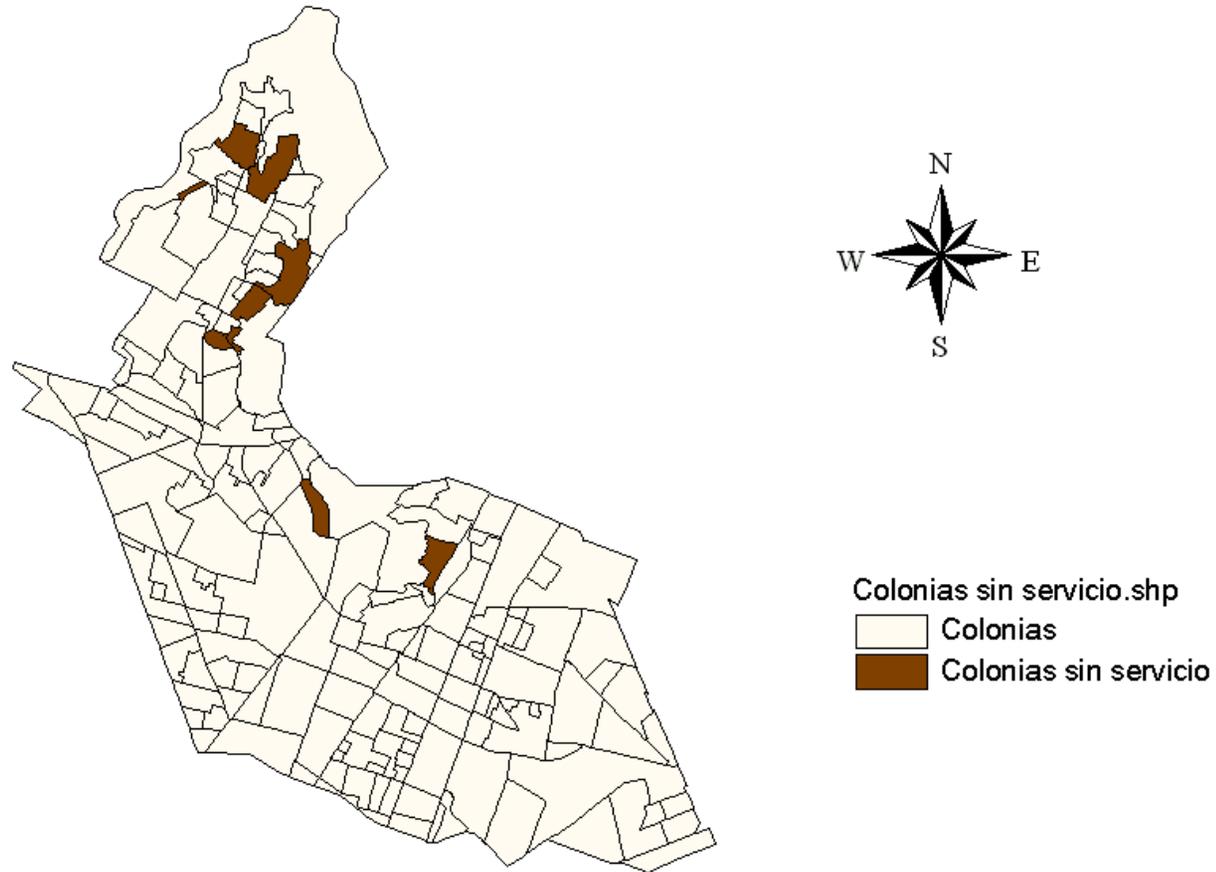


Fig. 4.27 Colonias sin servicio.

En esta figura se muestran las mismas colonias, pero con su problemática en particular.

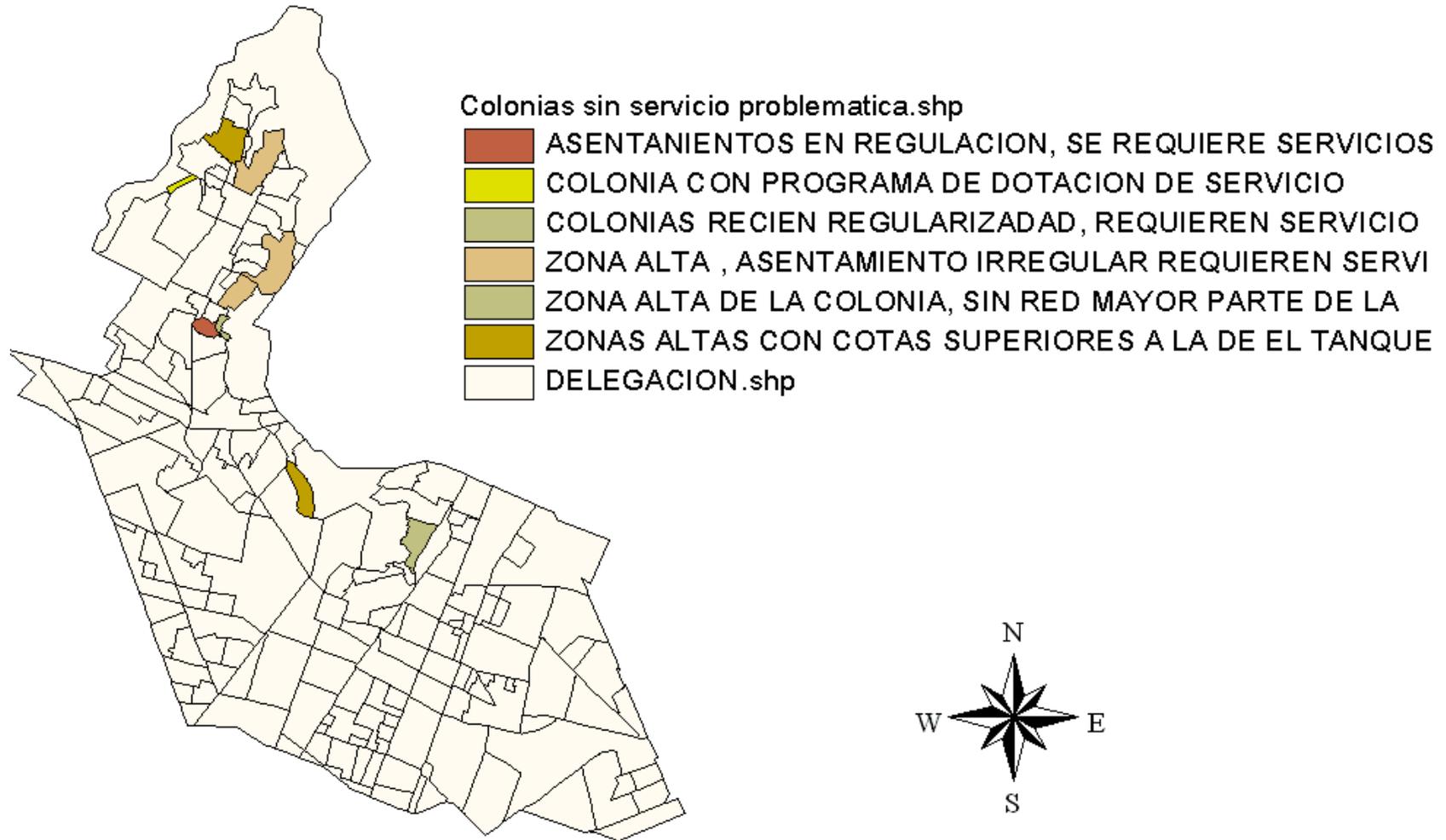


Fig. 4.28 Problemática del servicio en las colonias.

4.3.2.- Representación de las Colonias con Mayor Índice de Fugas

La figura 4.29 identifica las colonias que presentan el mayor índice de fugas.

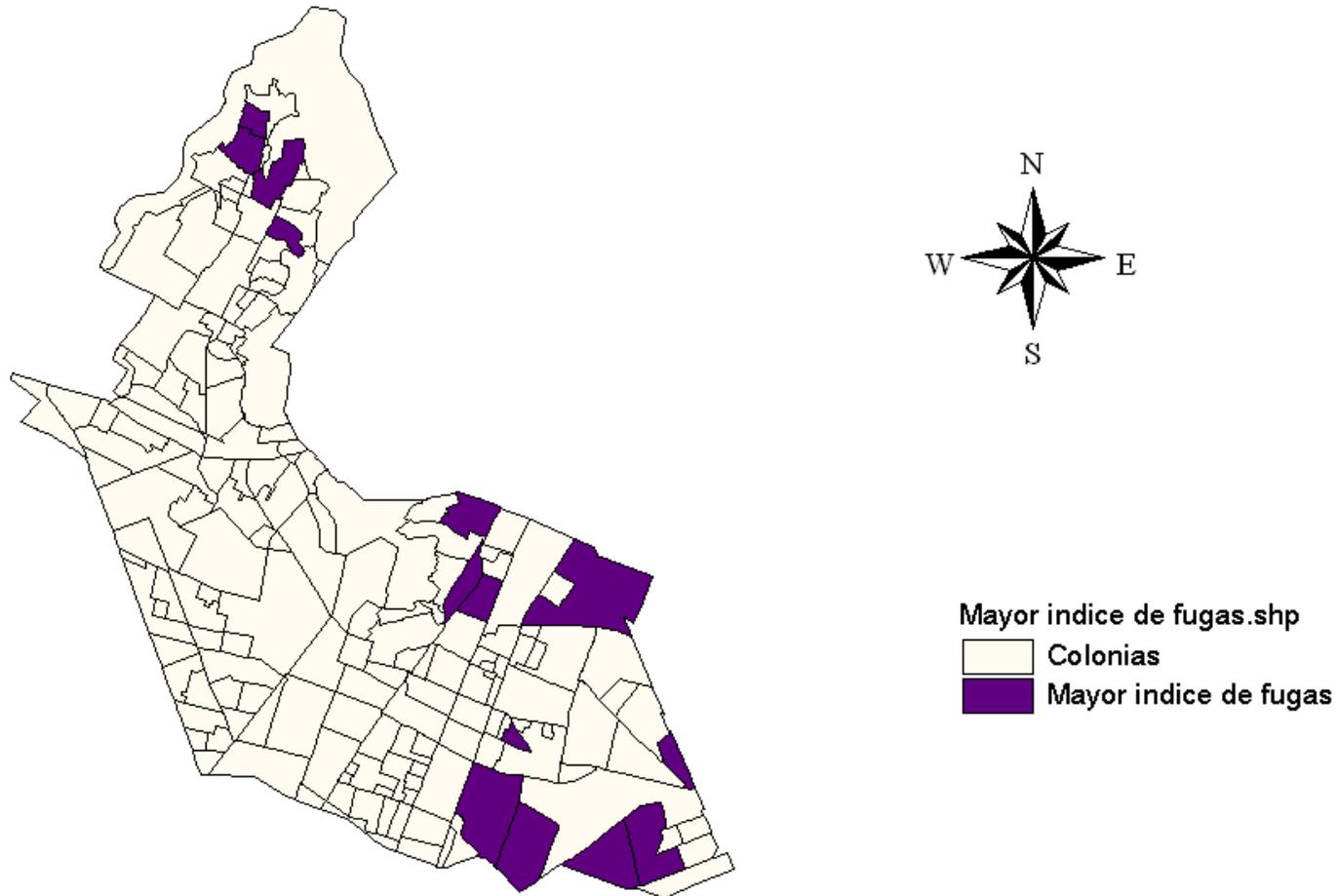


Fig. 4.29 Colonias con mayor índice de fugas.

La figura 4.30 muestra a detalle la problemática de las colonias con mayor índice de fugas.

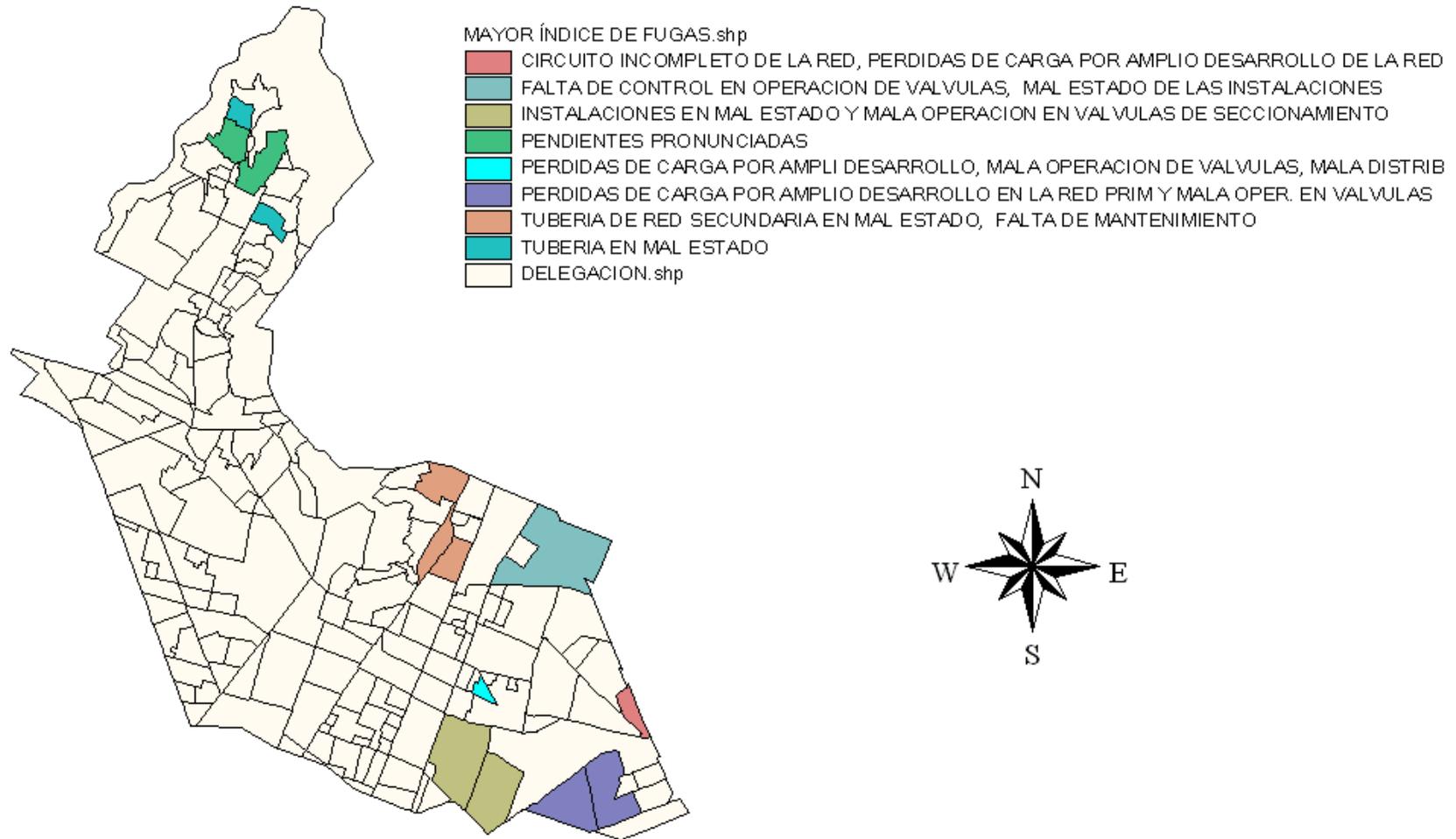


Fig. 4.30 Problemática de las colonias con mayor índice de fugas.

4.3.3.-Representación de las colonias con baja presión

Otro problema que presenta la delegación son las colonias que tiene baja presión, que se identifican en la figura 4.31.

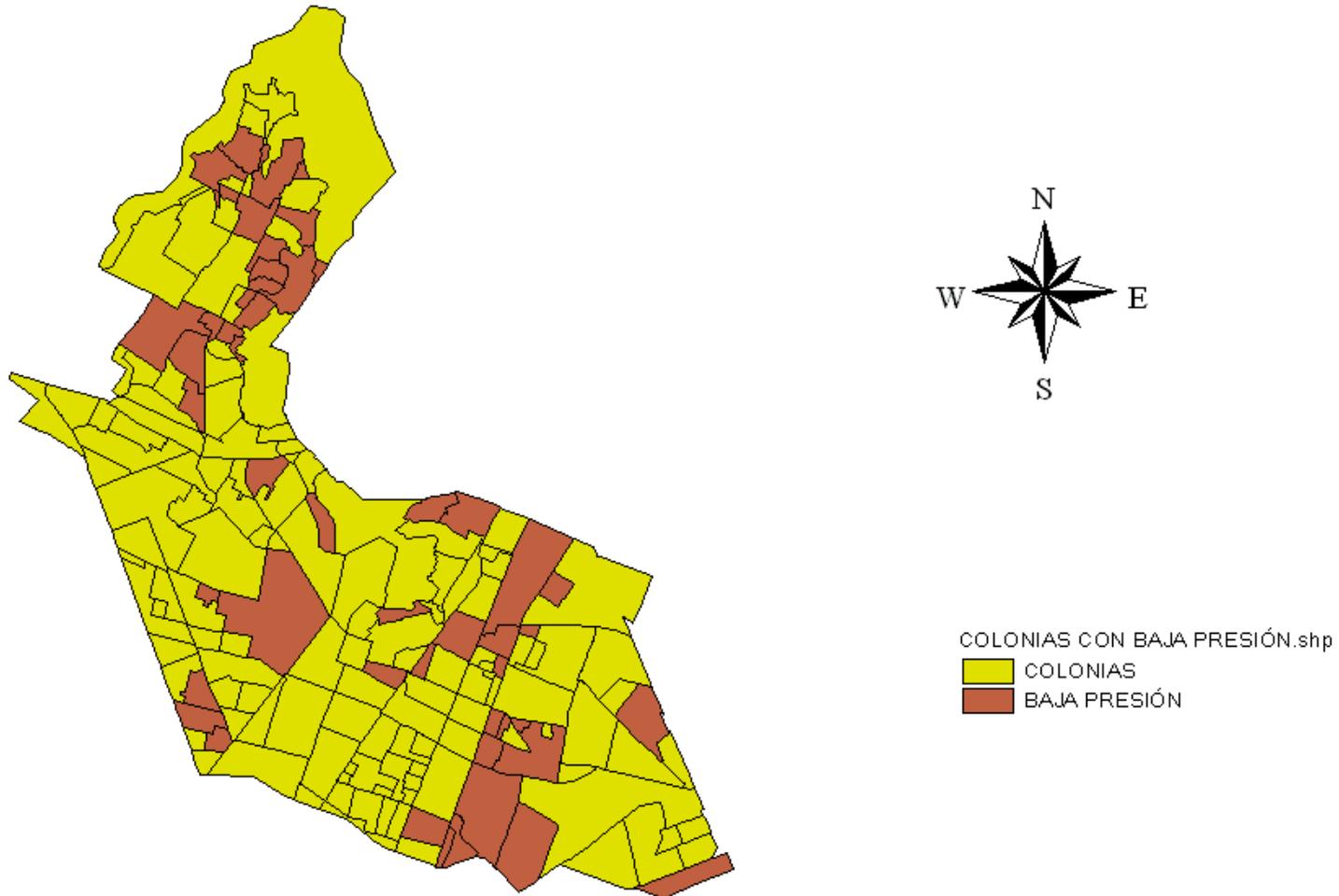


Fig. 4.31 Colonias con baja presión.

La siguiente figura muestra la problemática de las colonias con baja presión de la delegación.

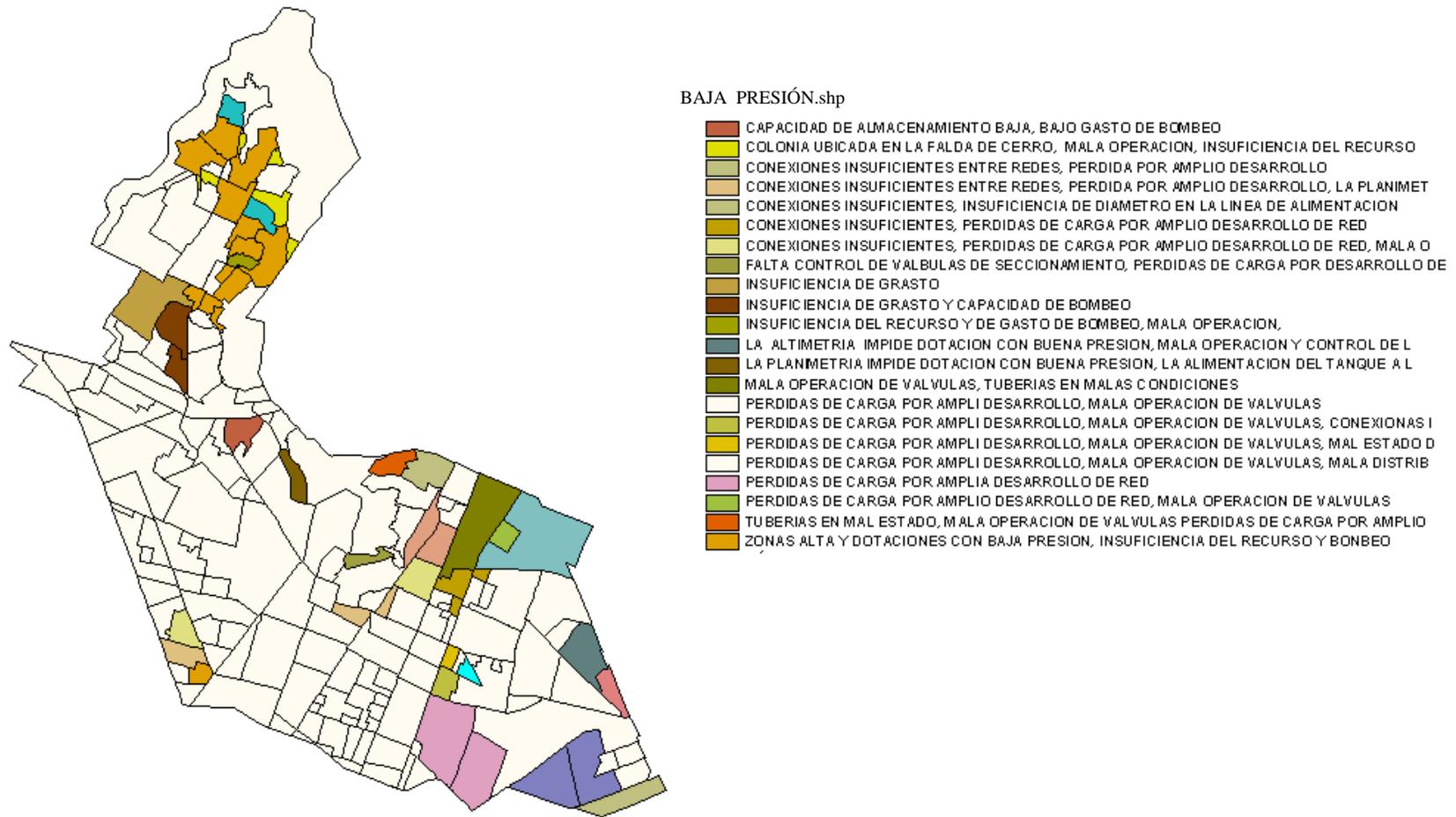


Fig. 4.32 Problemática de las colonias con baja presión.

4.3.3.-Representación de las Colonias con Servicio Intermitente o Falta de Agua

La figura 4.33 identifica las colonias con servicio intermitente o falta de agua.

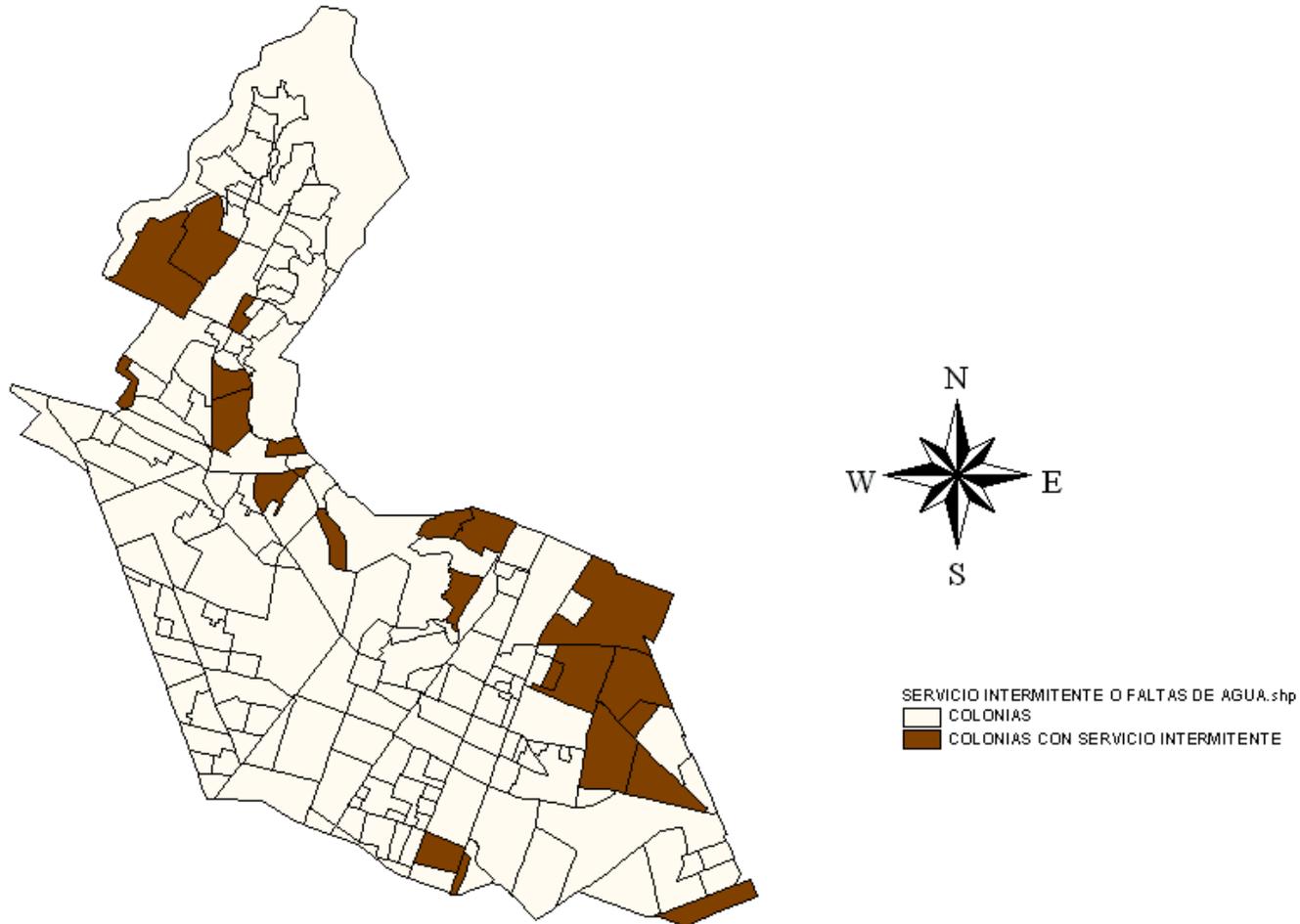


Fig. 4.33 Colonias con servicio intermitente o falta de agua.

5.- Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Uno de los problemas que persistió en la realización de este trabajo, fue que la información que manejan o tienen las distintas instituciones encargadas de la administración de los recursos (hídrico, población, planos etc.), no son compatibles entre sí, cada uno de ellos manejan su propia información y no existe una unificación y/o validación de dicha información.

La toma de decisiones en la operación y mantenimiento de un sistema de abastecimiento de agua potable, se debe realizar solo después de un análisis de datos, estableciendo una programación, para lograr objetivos específicos como son:

- 1) De rendimiento; que los prestadores de servicios sepan que hacer y así realizar solo el trabajo requerido.
- 2) Técnico; que el funcionamiento cumpla con las especificaciones técnicas establecidas.
- 3) Costo; que se logre una reducción de éste mediante una buena operación.

En el proceso de planeación se debe desarrollar una estrategia que permita encontrar soluciones apropiadas que den respuesta a las siguientes cuestiones: ¿Cuánta agua se está perdiendo?, ¿Dónde se está perdiendo?, ¿Por qué se está perdiendo?, ¿Qué estrategias se pueden aplicar para reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia?, ¿Cómo se puede mantener y sostener los logros alcanzados?

Los SIG, pueden ser utilizados como una base de datos convencional (maneja todas las opciones de análisis, búsqueda selectiva, etc.) y, al mismo tiempo, como una base de datos georreferenciada. Es decir que por un lado, toda la información queda integrada en un sistema que facilita las tareas organizativas derivadas del análisis de la información, y por el otro, ayuda a observar más intuitivamente toda la información necesaria, aprovechando las características de georreferenciación, propias del SIG, para el seguimiento y monitoreo de indicadores.

Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso.

Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso.

Desarrollar un sistema de planeación integral que pueda priorizar de manera eficaz y eficiente la utilización de recursos humanos, materiales y financieros.

5.2 Recomendaciones

Un operador experimentado se encuentra a cargo de la oficina de control en el esquema operacional. Este recibe los datos de la problemática en la red de distribución y es el que define las decisiones que se deben aplicar; es por ello que se le debe dotar con recursos eficientes y suficientes que sirvan de interfase para conocer el comportamiento de la red de agua potable y poder aplicar las acciones de control operacional;

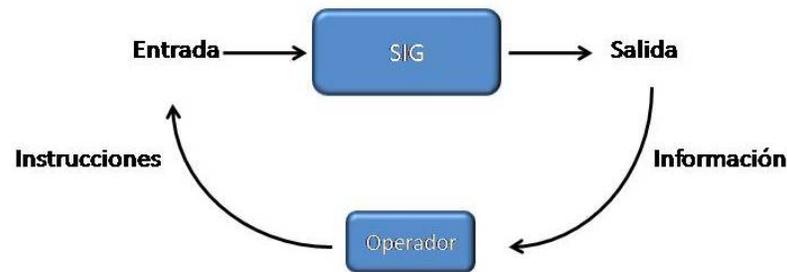


Fig. 5.1 Diagrama operacional.

En la actualidad se cuenta con los elementos necesarios para obtener un ahorro importante de agua a corto plazo, el problema a vencer es la aceptación de la implantación de nuevos métodos, que permitan de una manera más práctica poder administrar los recursos hídricos.

Las leyes, reglamentos y normas, deben de ser capaces de reflejar los avances de la ciencia y la tecnología, además de ofrecer las bases para tener bajo vigilancia a los sistemas de distribución.

Por otra parte, los centros de investigación y las instituciones educativas, deban difundir a los niveles educativos la problemática actual del abastecimiento de agua potable, su administración y gestión, da las herramientas necesarias y tomar acciones para dar solución a dicho problema. Cada uno de éstos debe estar consciente de lo importante de su participación.

Mejorar la eficiencia física y operativa del sistema, implica la capacitación técnica de los recursos humanos, para que estén preparados y lograr un buen funcionamiento hidráulico de las redes y esto contribuya a lograr un desempeño óptimo, reducir los costos de operación y mantenimiento.

Automatizar los procesos sobre todo los de información y control internos para lograr de manera oportuna la adecuada toma de decisiones.

Coordinarse con las autoridades de los municipios y delegaciones colindantes a fin de lograr acuerdos operativos para el mejor funcionamiento de los servicios públicos.

Bibliografía

Capítulo 1.

- ✓ **Plan de desarrollo económico para la delegación Gustavo A. Madero publicación: mayo de 2000, Secretaria de desarrollo económico.**
- ✓ **Programa Delegacional de Desarrollo Urbano, publicación: 12 de mayo de 1997, Gustavo A. Madero.**
- ✓ **Plataforma Delegacional de desarrollo, Gustavo A. Madero 2007-2009.**
- ✓ **Programa Delegacional de desarrollo, Gustavo A. Madero 2009-2012.**
- ✓ **Síntesis estadística municipal, Gustavo A. Madero, Distrito Federal 2008, información proporcionada por INEGI de la solicitud realizada desde su portal.**

Paginas de Internet consultadas.

- ✓ <http://eldefe.com/guias-y-mapas/mapa-colonias/gustavo-a-madero/> 23 de marzo de 2010
- ✓ http://data.mapchannels.com/mc3/8470/gustavomadero_8470.htm?v=3&x=99.137409&y=19.521965&z=12&t=2&f=1 23 de marzo de 2010
- ✓ <http://recursos.gabrielortiz.com/>

Capítulo 2.

- ✓ **Redes de distribución, Subdirección General Técnica, Comisión Nacional del Agua, noviembre 1996, pp. 193.**
- ✓ **Diseño de acueductos y alcantarillados, Ricardo Alfredo López Cualla, editorial Alfa omega, segunda edición pp. 349**
- ✓ **Abastecimiento de agua potable , Enrique Cesar Valdez ; ed. en computadora Miguel Ángel González López UNAM, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Sanitaria : Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1994-9999**

Capítulo 3.

- ✓ **Los sistemas de información geográfica, Integración de Ortofotografía Digital en Sistemas de Información Geográfica y su Aplicación a la Revisión de la Superficie Catastral Rústica, Universidad Pública de Navarra.**
- ✓ **NAVARRO PEDREÑO, J., MATAIX SOLERA, J., GUERRERO MAESTRE, C. y GÓMEZ LÚCAS, I. (2000). Sistemas de información geográfica y medio ambiente. Cuaderno 21. Introducción a los SIG y teledetección. Murcia, Universidad Miguel Hernández.**

Paginas de Internet consultadas.

- ✓ **[Http://www.geoplance.com](http://www.geoplance.com)**

Capítulo 4.

- **Manual de Arc View 3.2**
- **Manual AutoCad 2009**