



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL
SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE
LEÓN GUANAJUATO.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

FERNANDO RICO DE LA TORRE

ASESOR:

M. en C. LUIS POMPOSO VIGUERAS MUÑOZ



MEXICO 2013



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.

DEDICATORIA

A mis padres: **Fernando Rico y Norma De la torre.**

*Por su amor incondicional y dedicación que tuvieron en mi formación como
persona y profesionista.*

A mi esposa: **Sofía Olmedo.**

Por su amor, apoyo y paciencia en esta etapa de mi vida.

A mis hermanos: **Laura, Paola y Daniel.**

A mis abuelos: **Reyes De la torre y Alejandra Sánchez (+).**

Con cariño especial a: **Sra. Angelina Rosas y Sr. Francisco olmedo.**

A toda mi familia, por todo el apoyo brindado.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, por la oportunidad que me brindo de prepararme como profesionista, y dejarme ser parte de esta gran institución.

Al M. en C. **Luis Pomposo Viguera Muños**, asesor de la tesis y amigo, por su tiempo, apoyo y confianza que me brindo durante mis estudios y la elaboración de este proyecto.

A todos mis maestros que son pilares en mi formación como Ingeniero.

A SAPAL por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

A mis padres, a mi esposa y familia que me apoyaron en todo momento.

A Dios por darme esta oportunidad en mi vida.

En general gracias a todos los que fueron parte de esta importante etapa de mi vida personal y profesional.

ÍNDICE

CAPITULO 1.- ANTECEDENTES	2
1.1.- La ciudad de León Guanajuato.	2
1.2.- Clima.	4
1.3.- Hidrografía.	6
1.4.- Orografía.	7
1.5.- Geología.	8
1.6.- El agua en León.	9
1.7.- Fuentes de abastecimiento de agua potable en la ciudad.	10
PROBLEMÁTICA.	12
OBJETIVO.	12
CAPITULO 2.- ANÁLISIS Y DISEÑO DE REDES DE AGUA POTABLE.	13
2.1.- Antecedentes.	13
2.2.- Evaluación de las pérdidas por fricción por Darcy-Weisbach.	16
2.3.-Red de tuberías.	17
2.4.-Cálculo hidráulico.	19
2.4.1.-Distribución.	19
2.4.2.-Circuitos.	20
2.5.-Ejemplos de cálculo de redes de distribución.	23
2.6.-Ejercicio de resolución de redes de distribución con el programa Loops 2.0.	37
CAPITULO 3.- LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y SU APLICACIÓN.	43
3.1.- ¿Que es un SIG?	43
3.2.-Componentes de un SIG	43
3.3.-Los datos (espaciales) en los SIG: su obtención y mantenimiento.	45
3.4.- El análisis de los geodatos.	47
3.5.- Visualización de los datos espaciales.	50
3.6.- Las aplicaciones de los SIG.	51
CAPITULO 4.- APLICACIÓN DEL SIG ALA PROBLEMÁTICA EN ESTUDIO.	54
4.1.-La población en león y su crecimiento urbano.	61
4.2.-Las fuentes de abastecimiento en León.	69

4.3.-La infraestructura con la que cuenta la ciudad para dotar a la población del vital líquido	81
4.4.- Identificación de la problemática en estudio.	96
4.5.-El resultado de crear un SIG.	100
CAPITULO 5.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	103
5.1.-Conclusiones.	103
5.2.-Recomendaciones.	104
BIBLIOGRAFIA	105

ÍNDICE DE FIGURAS		
Nº de Figura	Nombre.	Pág.
1.1	Ubicación de la ciudad de León.	3
1.2	Los climas en León.	5
1.3	Hidrología.	7
1.4	Orografía.	8
2.1	Red de un circuito.	23
2.2	Red de distribución de dos circuitos.	27
2.3	Red de 4 circuitos.	31
3.1	Esquema de un SIG con sus tres subsistemas fundamentales: datos, visualización y análisis.	44
3.2	Elementos que forman el sistema SIG.	45
3.3	Los datos.	46
3.4	Aplicación de un SIG.	53
4.1	Inicio de ArcView.	55
4.2	Creación de una vista.	55
4.3	Nueva vista.	56
4.4	Ingreso de Shape file.	57
4.5	Capa.	57
4.6	Extensión .dxf.	58
4.7	Capa en formato .dxf.	58
4.8	Conversión de .dxf a shape.	59
4.9	Resultado de la conversión a shape.	60
4.10	Creación de polígonos.	62
4.11	Trazo de un polígono.	63
4.12	Tabla de datos.	63
4.13	Formato de campos.	64
4.14	Ingreso de datos.	64
4.15	La información.	65
4.16	Datos de las colonias de León.	65
4.17	Creación del tema Pozos.	72
4.18	Elaboración de un pozo.	73
4.19	Información de los pozos.	73
4.20	Creación de un hiperenlace.	74
4.21	Hiperenlace.	75
4.22	Pozo "Ciudad 44".	76
4.23	Información del pozo "Ciudad 44".	76
4.24	Imagen de la presa "El palote".	78
4.25	Información de la presa "El palote".	79

4.26	Información del tanque superficial “Fátima”.	88
4.27	Información del tanque elevado “Ciudad 1”.	89
4.28	Imagen del tanque superficial “Fátima”.	89
4.29	Imagen del tanque elevado “Ciudad 1”.	90
4.30	Búsqueda de un elemento.	100
4.31	La información de un elemento buscado.	101

ÍNDICE DE TABLAS

Nº de Tabla	Nombre.	Pág.
1.1	Climas de la ciudad de León.	4
1.2	Precipitación en la ciudad de León.	4
1.3	Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas.	6
1.4	Corrientes de agua.	6
1.5	Cuerpos de agua	7
1.6	Fuentes de abastecimiento.	10
2.1	Resistencia equivalente K, para tuberías.	18
2.2	Coefficientes de rugosidad para tubería nueva.	19
2.3	Valores de K, para determinar las pérdidas por fricción, en la ecuación de Mannig.	22
2.4	Tabla de cálculo para red de distribución.	25
2.5	Tabla de cálculo para el ejercicio 1.	26
2.6	Tabla de cálculo para en ejercicio 2.	30
2.7	Tabla de cálculo para Loops.	42
4.1	La población de León a Futuro.	61
4.2	La producción de los pozos.	69
4.3	Materiales utilizados en la red.	81
4.4	Capacidades de los tanques superficiales.	83
4.5	Capacidades de los tanques elevados.	86
4.6	Las plantas de tratamiento.	93

ÍNDICE DE MAPAS.

Nº de Mapa	Nombre.	Pág.
4.1	Las colonias de León.	66
4.2	Los sectores urbanos.	67
4.3	El futuro crecimiento de León.	68
4.4	Baterías de pozos.	77
4.5	Presa "El palote".	80
4.6	El suministro de agua en León.	82
4.7	Ubicación de los tanques superficiales.	91
4.8	Ubicación de los tanques elevados.	92
4.9	Red de distribución industrial de agua tratada.	94
4.1	Ubicación de las plantas de tratamiento de agua.	95
4.11	Colonias con problemas de suministro de agua.	97
4.12	Infraestructura vs crecimiento urbano.	99
4.13	La problemática del suministro de agua potable en León.	102

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene la finalidad identificar la problemática en cuanto al suministro de agua potable que aqueja a la ciudad de León Guanajuato, con la utilización de un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.). Con el que se pretende planear, controlar, y administrar correctamente la información relacionada con el suministro del vital líquido.

En el primer capítulo se abordan aspectos generales en relación al abastecimiento de agua, así como información relacionada con la ciudad de León, como lo es clima, orografía, hidrografía situación geográfica etc.

En el segundo capítulo se trata la información teórica sobre el análisis y el diseño de redes de agua potable, se resume la información de tal manera que sea directa para una fácil comprensión, además se presentan algunos ejemplos de resolución de estas y un breve ejemplo de un programa útil para resolver redes de distribución de agua.

En el tercer capítulo se describe que es un Sistema de Información Geográfica, así como sus aplicaciones en el ramo de la ingeniería civil y algunas otras disciplinas.

En el cuarto capítulo se expone la aplicación de un S.I.G. como un método eficaz para identificar la problemática en estudio, además se agregan algunas breves instrucciones para poder usar el programa ArcView 3.2, y se muestran las aplicaciones de las herramientas que fueron utilizadas para elaborar el sistema de información geográfica de este trabajo, aunado a esto se muestran mapas que fueron obtenidos a partir del ingreso y la utilización de los datos de este sistema. Además se muestra la información de la infraestructura, como son tanques de almacenamiento, líneas de conducción, pozos, etc., con la que cuenta la ciudad para suministrar de agua potable a la población que la habita.

En el quinto y último capítulo se abordan las conclusiones obtenidas dentro del desarrollo de este proyecto, así como algunas recomendaciones que ayudaran a resolver la problemática que tiene León respecto al suministro de agua potable

CAPITULO 1.- ANTECEDENTES.

1.1.- La ciudad de león Guanajuato.

León es una ciudad mexicana, ubicada en el Estado de Guanajuato, en la región del Bajío, que en conjunto con la Zona Metropolitana de León (ZML) conforma la séptima metrópoli más grande del país con 1 609 504 habitantes, y la mayor de la Zona del Bajío. La ciudad cuenta con una población total de 1 436 733 habitantes según el censo del 2010, siendo la ciudad más poblada de la Zona Metropolitana de León y del Estado de Guanajuato.

La ciudad de León, está situada a los 101° 41' 00'' de arco, equivalente a 6 horas 46 minutos 44 segundos de longitud oeste del Meridiano de Greenwich y a 21°07'22'' latitud norte. El área del territorio municipal comprende 1,883.20 km², equivalentes al 3.87% de la superficie del estado y el 0.095% el territorio nacional. El municipio se divide territorialmente en 242 localidades.

Colinda al norte con el estado de Jalisco y el municipio de San Felipe; al este con los municipios de San Felipe, Guanajuato y Silao; al sur con los municipios de Silao, Romita y San Francisco del Rincón; al oeste con los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y el estado de Jalisco. Ver figura 1.

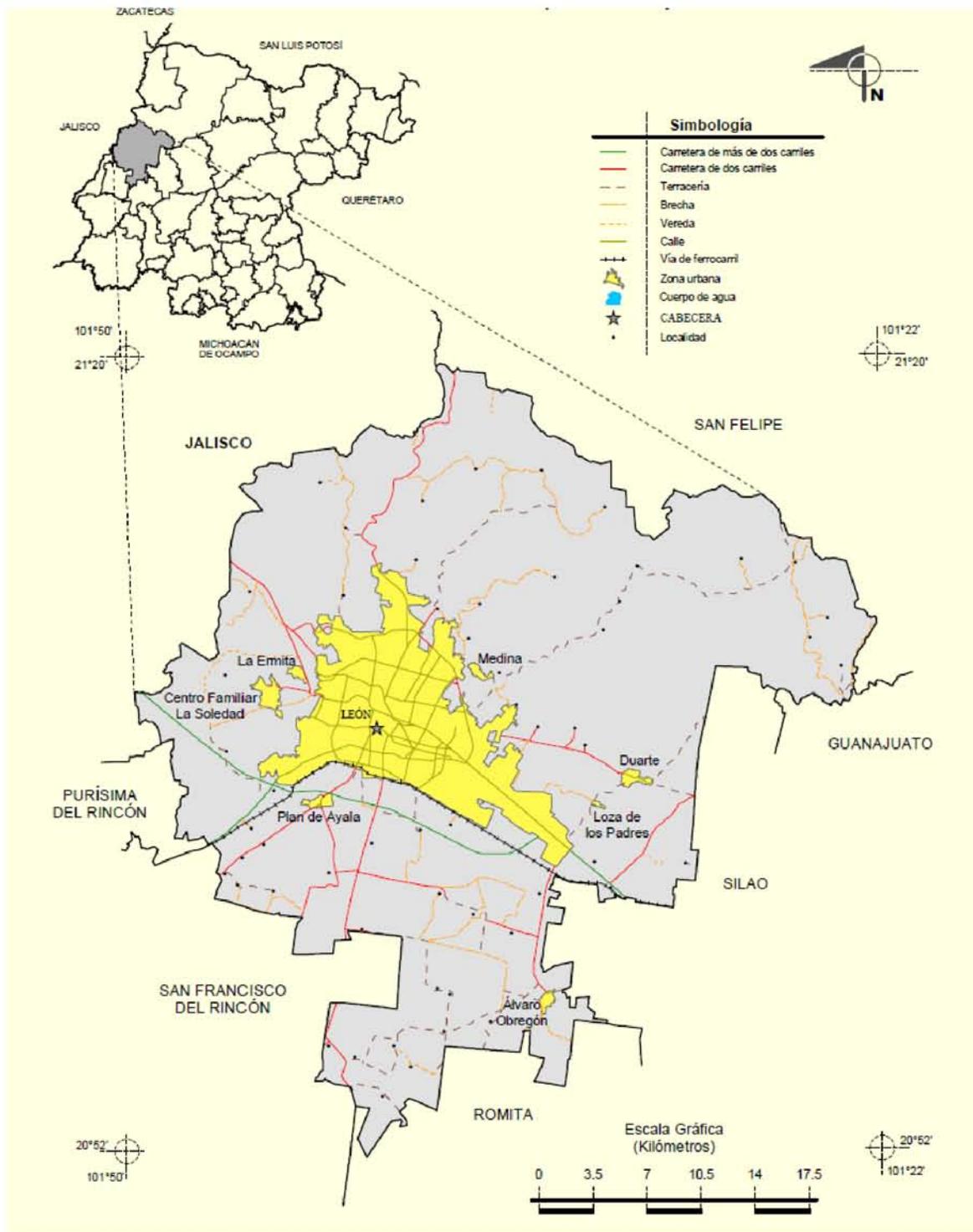


Fig. 1.1.- Ubicación de la ciudad de león.

1.2.- Clima.

La ciudad de León tiene un clima templado con la variante subtropical subhúmedo con lluvias en verano, Cwa. Tiene una temperatura promedio anual de 19.6°C alcanzando una máxima promedio de 31.5°C en mayo y una mínima promedio de 7.2°C en enero, con 8°C de diferencia de las temperaturas diarias promedio del mes más cálido y el mes más frío. Las estaciones del año, como en gran parte del centro de México, tienen un desfase con respecto a lo que se considera común, ya que los meses más cálidos se encuentran en la primavera, es decir en Abril, mayo y junio, mientras los meses más fríos son diciembre, enero y febrero. De esta manera, marzo es el único mes con temperaturas intermedias y agradables en la primera mitad del año; mientras julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre, son los meses con temperaturas intermedias y agradables en la segunda mitad del año, además de estar acompañados de la mayor concentración de precipitaciones en el año. Ver tabla 1.1 y figura 1.2.

Tabla 1.1.- Climas de la ciudad de León.

CLIMAS		
TIPO O SUBTIPO	SÍMBOLO	% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
SEMICÁLIDO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DEMENOR HUMEDAD	ACw0	16.38
TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DEMAYOR HUMEDAD	C (w2)	10.45
TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DEHUMEDAD MEDIA	C (w1)	23.92
TEMPLADO SUBHÚMEDO CON LLUVIAS EN VERANO, DEMENOR HUMEDAD	C (w0)	3.20
SEMISECO SEMICÁLIDO	BS1h	46.05

FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas, 1:1 000 000, serie I.

La precipitación media anual es de 650mm, concentrada en el verano. Las precipitaciones comienzan a mediados de mayo y terminan en octubre, acompañadas de tormentas eléctricas en la mitad de los casos, mientras el estiaje inicia en noviembre y termina a principios de mayo; cuenta con un promedio de 73 días de lluvia al año. Ver tabla 1.2.

Tabla 1.2.- Precipitación en la ciudad de León.

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL(Milímetros)				
ESTACIÓN	PERIODO	PRECIPITACIÓN PROMEDIO	PRECIPITACIÓN DELAÑO MÁS SECO	PRECIPITACIÓN DELAÑO MÁS LLUVIOSO
NUEVO VALLEDE MORENO	De 1963 a 2005	662.7	337.6	931.2
EL PALOTE	De 1960 a 2005	621.1	345.1	1,071.9
LA SANDÍA	De 1966 a 2005	654.7	345.0	841.9

FUENTE: CNA. Registro Mensual de Precipitación Pluvial en mm. Inédito.

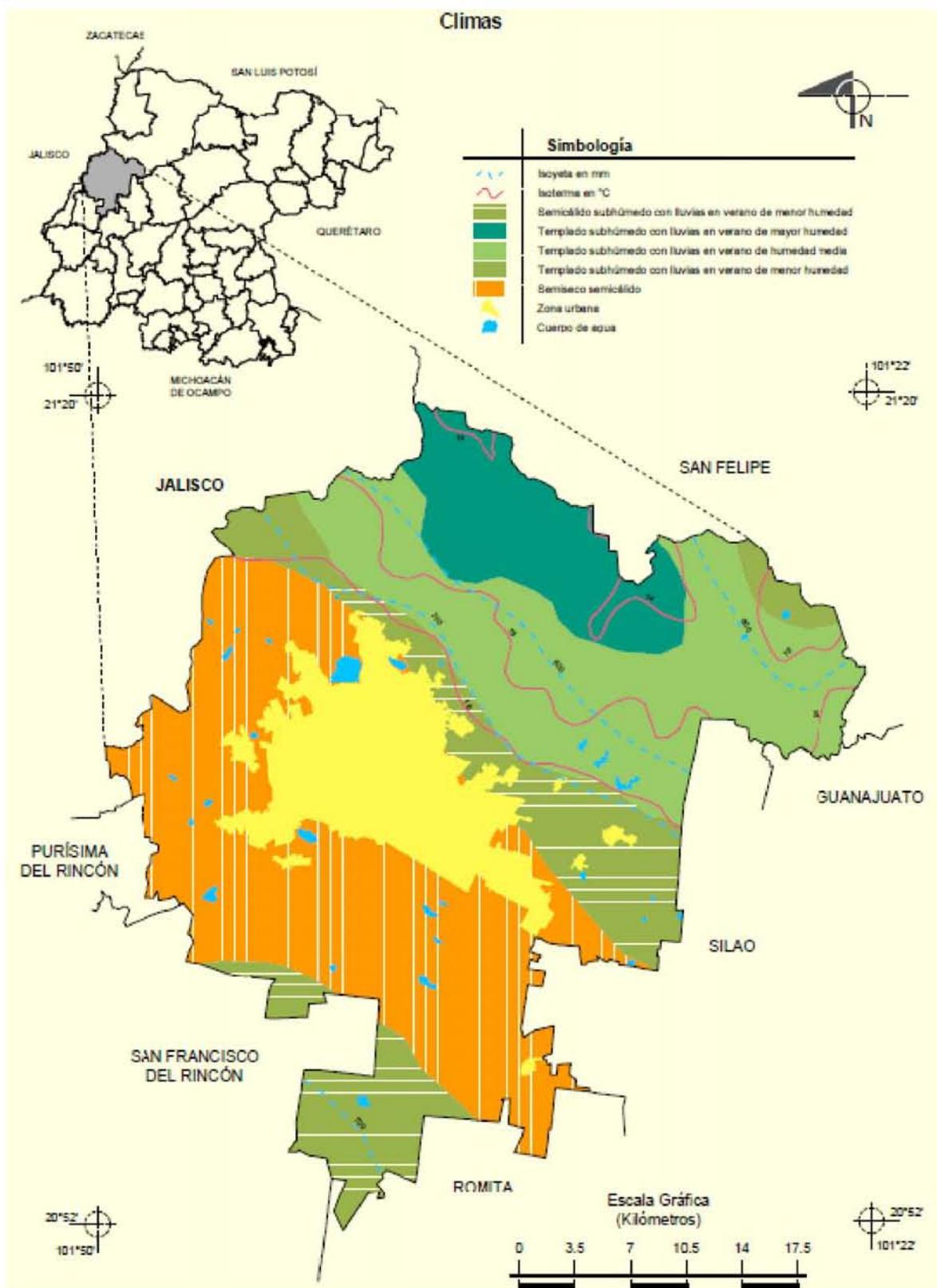


Fig. 1.2.- Los climas en León.

1.3.- Hidrografía.

La principal corriente del municipio es el denominado río de los Gómez, que lo atraviesa en sentido noreste a suroeste y es a su vez afluente del río Turbio, el río de los Gómez se encuentra represado en el extremo norte de la ciudad de León en la Presa El Palote, que constituye la principal reserva de agua del territorio pues en ella desembocan numerosas pequeñas corrientes que descienden desde las elevaciones del noroeste. Todo el municipio de León se encuentra ubicado dentro de la Región hidrológica Lerma-Santiago y el 93.7% del mismo a su vez forma parte de la Cuenca del río Lerma-Salamanca, un 6.2% pertenece a la Cuenca del río Laja y apenas un 0.1% del mismo pertenece a la Cuenca del río Verde Grande. Ver tablas 1.3, 1.4, 1.5 y figura 1.3.

Tabla 1.3.- Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas.

REGIONES, CUENCAS Y SUBCUENCAS HIDROLÓGICAS						
REGIÓN		CUENCA		SUBCUENCA		% DE LA SUPERFICIE MUNICIPAL
CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	
RH12	LERMA-SANTIAGO	B	R. LERMA-SALAMANCA	d	R. GUANAJUATO	38.24
				e	R. TURBIO-P. PALOTE	55.46
		H	R. LAJA	a	R. LAJA-PEÑUELITAS	6.22
		I	R. VERDE GRANDE	g	R. DE LOS LAGOS	0.08

FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000, serie I.

Tabla 1.4.- Corrientes de agua.

CORRIENTES DE AGUA R/		
NOMBRE		UBICACIÓN
LEÓN		RH12Be
SAN ANTONIO-HACIENDA DE ARRIBA		RH12Be
LA CAMPECHANA-IBARRILLA		RH12Be
SAN JUAN DE OTATES		RH12Bd
LOS SAUCES GRANDE		RH12Bd
ALFARO-PUERTO COLORADO		RH12Be
JUACHE		RH12Bd
CANAL SANTA ANA DEL CONDE		RH12Bd
CANAL PRIMERO DE MAYO		RH12Bd

FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000, serie I.

FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Topográfica, 1:50 000, serie II.

Tabla 1.5.- Cuerpos de agua.

CUERPOS DE AGUA R/	
NOMBRE	UBICACIÓN
PRESA EL PALOTE	RH12Be
PRESA PRIMERO DE MAYO	RH12Bd
PRESA CIUDAD AURORA	RH12Be
PRESA DE DUARTE	RH12Bd
BORDO EL MASTRANZO	RH12Be
BORDO TRINIDAD	RH12Be
BORDO EL VERDE	RH12Be

FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales, 1:250 000, serie I.
 FUENTE: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Topográfica, 1:50 000, serie II.

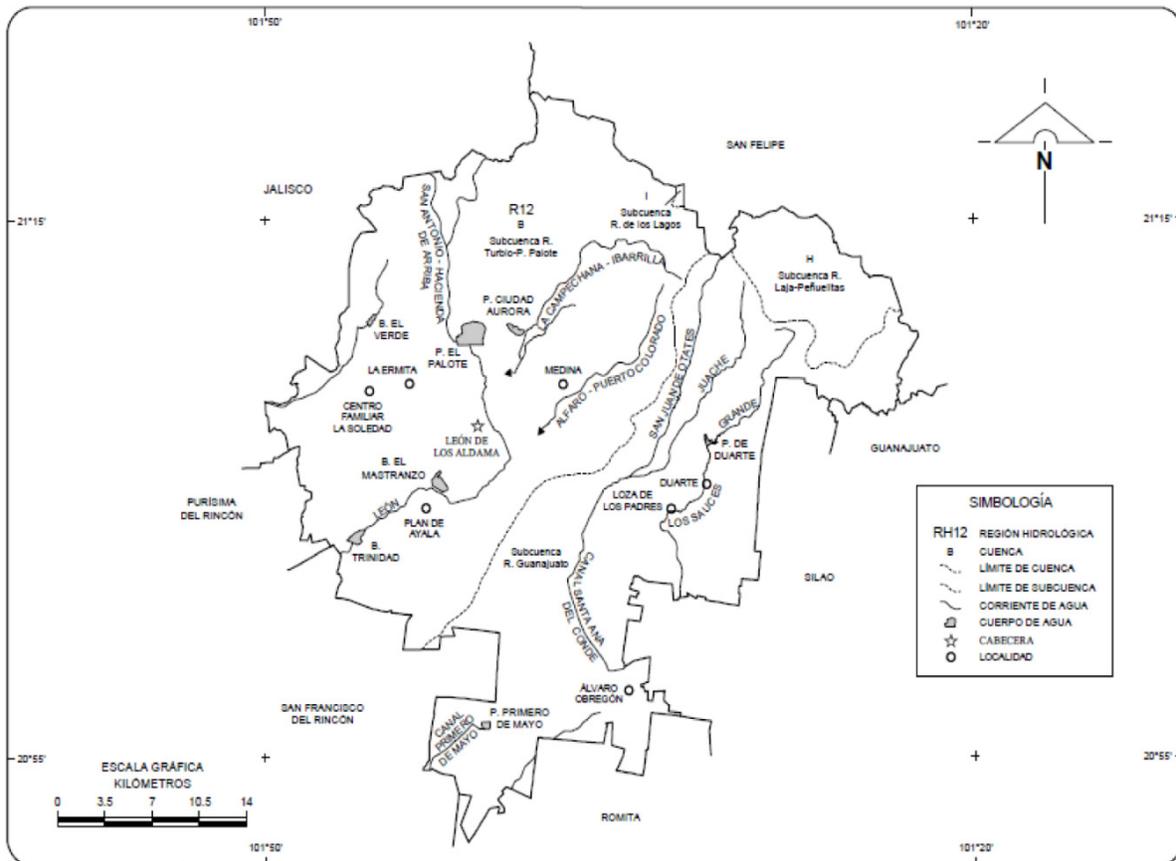


Fig. 1.3.- Hidrología.

1.4.- Orografía.

El municipio en su parte norte tiene estribaciones montañosas pertenecientes a la Sierra de Guanajuato, la que localmente lleva los nombres de Ibarrilla, Comanja y de Lobos, considerada Reserva Ecológica Natural. Hacia el noreste está el Cerro del Gigante (2,884 metros), la mayor elevación en el distrito. El noroeste es

también montañoso. El centro del municipio, el suroeste, sur y sureste, son parte de la llanura de El Bajío que se ve sembrada de maíz, cebada, papa y otros cultivos. Al sur-suroeste se hallan vallados, especialmente en Santa Rosa, Los Sapos, San Pedro del Monte, La Sandía y Santa Ana del Conde.

Las elevaciones más importantes del municipio son el Cerro del Gigante, con 2,884 msnm. y la mesa Cuatralba con 2,800 msnm. En la ciudad son notables los cerros de las Hilamas, el Cerro Gordo con sus Instituciones Educativas, zonas habitacionales y antenas de radiocomunicación; y el Cerrito de Jerez, zona habitada desde la época prehispánica. Ver figura 1.4.

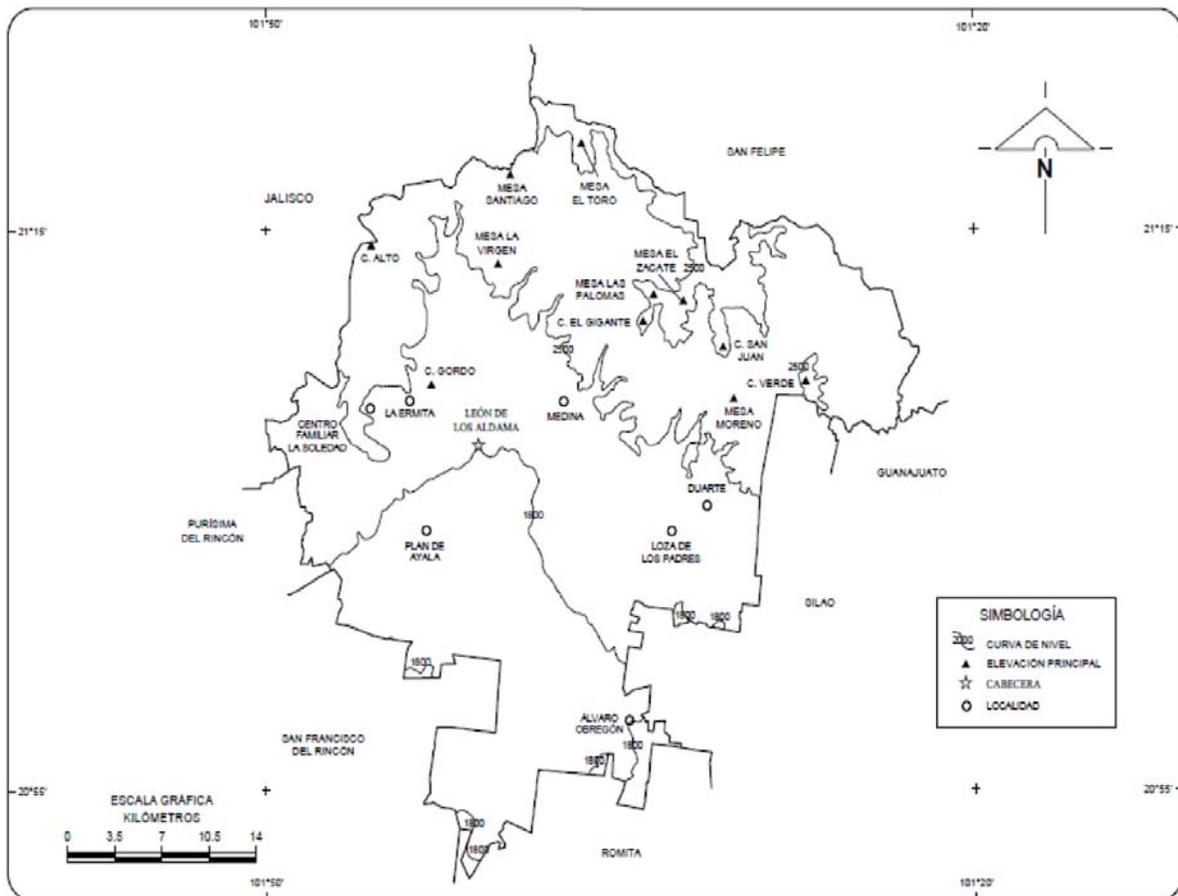


Fig. 1.4.- Orografía.

1.5.- Geología.

La sierra de Guanajuato y sus alrededores, conforman un conjunto de rocas de diversa litología y edad, agrupadas en dos conjuntos litográficos bien diferenciados y separados por un intrusivo granítico del terciario.

El conjunto litoestratigráfico inferior del Mesozoico, lo constituyen rocas cristalinas, volcánicas y sedimentarias, con un intenso proceso de deformación de carácter compresivo e incipiente metamorfismo regional. Lo constituyen las siguientes unidades: Piroxenita San Juan de Otates (Jps) del Jurásico Superior, Complejo Volcanosedimentario Sierra de Guanajuato (Kcsg) del Cretácico Superior Y Complejo Plutónico La Luz (Kcpl).

El conjunto litoestratigráfico superior de edad Cenozoico, consiste de una secuencia sedimentaria clástica continental, una unidad volcanoclástica de composición félsica a intermedia, un conjunto de material sedimentario de origen lacustre, un evento de basaltos pliocuaternarios y depósitos de aluvión. Forman este conjunto litoestratigráfico las unidades siguientes: conglomerado Guanajuato (Tcg) Ignimbrita Cuatralba, Basalto Dos Aguas (Tbda), terciario sedimentario diferenciado, Gabro arperos (Qga) del Cuaternario, basalto El Cubilete (Qbcu) del cuaternario lo mismo que el aluvión (Qal).

Estratigráficamente, entre las rocas mesozoicas y cenozoicas, existe un intrusivo del Paleoceno de composición félsica y dimensiones batolíticas, emplazado en la misma orientación preferencial que la Sierra de Guanajuato. A esta unidad se le ha denominado Granito Comanja (Tgco).

En cuanto a geología del subsuelo, se puede señalar que el Valle de León es una fosa tectónica, la que se formó durante el descenso relativo de varios bloques a lo largo de fallas normales, con los mayores descensos relativos al Sur de la Presa San Germán y Oriente de San Roque de Montes.

1.6.- El agua en León.

El agua es un problema común. La sobreexplotación de los mantos acuíferos, la contaminación de las fuentes de abastecimiento, su desigual distribución, las grandes pérdidas en las redes de conducción, su uso ineficiente en el campo y las ciudades son problemas universales. La disponibilidad del agua condiciona el desarrollo de la población; su calidad es determinante para su salud y bienestar: el agua se ha convertido en un asunto estratégico y de seguridad. El abastecimiento del vital líquido es un problema complejo en todas las latitudes de nuestro planeta, y en León presenta características específicas. Apenas después de su fundación, el valle que albergaba a León era un territorio regado por el agua de ríos, lagos, ojos de agua y pozos artesianos; con el paso de los años el agua escaseó y la ciudad pagó su progreso con la escasez, que, con el transcurrir del tiempo, se fue agravando.

En los últimos años León se ha caracterizado por un incremento poblacional más acelerado dentro de todo el estado, lo cual ha originado una serie de problemas, entre los que destacan el crecimiento de la mancha urbana y la aparición de asentamientos irregulares. Por un lado, esto afecta a la frontera agrícola y, por el otro, genera una mayor demanda de agua. Todo ello perjudica los ecosistemas

forestales, que a pesar de constituir las principales fuentes de recarga del acuífero del Valle de León, se encuentran en grave estado de deforestación y erosión producidos por la industrialización y urbanización.

La ciudad de León, por su parte, no cuenta con corrientes de agua permanentes, ya que sus ríos y arroyos sirven sólo como avenidas de los escurrimientos pluviales. Además, carece de lugares de almacenamiento (excepto la presa El Palote, que es muy pequeña) y sus reservas subterráneas están sobreexplotadas.

La sobreexplotación de los acuíferos ha ocasionado también el deterioro de la calidad del agua, sobre todo por intrusión salina y migración de agua fósil (la que de manera natural, después de siglos, contiene sales y minerales nocivos para la salud humana) inducidas por los efectos del bombeo y por contaminación difusa producida en las ciudades y zonas agrícolas.

La contaminación también es otro factor alarmante; ocurre cuando se descargan en las vertientes de los ríos las aguas residuales de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o minero. Al inicio del presente siglo se consideraba que más de dos terceras partes de los cuerpos de agua del país se encontraban contaminados.

1.7.- Fuentes de abastecimiento de agua potable en la ciudad.

Según SAPAL (Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León), la principal fuente de aguas nacionales de la que se abastece para suministrar al municipio proviene de los acuíferos y se cuenta con 137 Pozos de Agua Subterránea, así como 1 Una Presa de agua superficiales, dichos aprovechamientos se encuentran distribuidos por distintas baterías que abastecen al municipio ubicadas en distintas partes de la ciudad, dichas baterías son las siguientes: Sur, Poniente, Oriente, Turbio, Ciudad y Muralla. Ver tabla 1.6.

Tabla 1.6.- Fuentes de abastecimiento.

FUENTE	BATERIAS DE POZOS / PRESA	GASTO ASIGNADO (lps)	GASTO EXTRAIDO (lps)
Aguas subterráneas (137 pozos)	Muralla (31)	1020	751
	Turbio (20)	1050	921
	Ciudad (51)	886	477
	Poniente (16)	357	269
	Sur (17)	196	114
	Oriente (7)	103	80
Aguas superficiales (1 presa)	El palote	135	*
Totales		3752	2612

* Un caudal variable adicional que no supera los 23 lps, sólo cuando el almacenamiento rebasa el 50% de su capacidad útil. Ese gasto se deja de bombear en algún pozo. Fuente: SAPAL.

A diferencia de otras entidades, para el abastecimiento de agua potable a la ciudad no se cuenta con cuerpos de agua superficial, a excepción de las aportaciones de la presa El Palote: cuatro millones de metros cúbicos anuales, lo que representa apenas 4.7% del total de agua potable. La principal fuente de suministro es el agua subterránea proveniente del acuífero del Valle de León, que gracias a las lluvias tiene una recarga de 264 .3 millones de metros cúbicos anuales; no obstante, la extracción por parte de los pozos ubicados en el acuífero para uso agrícola, industrial y urbano es de 312 .5 millones de metros cúbicos anuales; es decir, hay una sobreexplotación del recurso, ya que se extrae más agua de la que se recupera. Esto ha ocasionado un déficit de aproximadamente 48.2 millones de metros cúbicos anuales lo cual, a su vez, origina un abatimiento o baja de nivel medio anual regional de 1.5 metros por año. Por esta razón, en la actualidad se bombea a profundidades de más de 100 metros, cuando hace 20 años se hacía a 30 metros. De seguir a ese ritmo de explotación, el acuífero corre el riesgo de desaparecer.

PROBLEMÁTICA.

La ciudad de León, considerada la capital del calzado, se encuentra en un constante crecimiento como cualquier ciudad del México, debido a esto presenta distintos problemas, particularmente en cuanto al suministro de agua potable se refiere. A continuación se describen los problemas que afectan al municipio.

Crecimiento de la demanda de agua potable.

La ciudad ha sufrido muchos cambios en cuanto a su población en los últimos años, por ende esto se refleja en un gran crecimiento urbano lo que a su vez conlleva a una demanda de agua potable cada vez mayor para poder suministrar adecuadamente al municipio.

Debido a este crecimiento las fuentes de abastecimiento se hacen insuficientes, lo que implica fallas en el suministro al no tener la capacidad adecuada para dotar por completo a los nuevos asentamientos en la ciudad.

Sobre explotación de acuíferos y carencia de presas y ríos.

Las actuales fuentes de abastecimiento de León están entre 20 y 40 kilómetros de distancia. Asimismo, dados los niveles de sobre-explotación de los acuíferos, ha bajado el nivel del agua de manera que hoy se bombea a profundidades de más de 100 metros, cuando hace 20 años se bombeaba a 30 metros de profundidad.

El acuífero obtiene una recarga de 264.3 millones de m³. Anuales, debido a las lluvias. Y cada año se extraen 312.5 millones de m³. Esto significa que se le extrae más agua de la que se obtiene, por lo que sufre una sobre-explotación de 48.2 millones de m³ anuales.

Uso de la Tecnología.

La presencia de una herramienta útil que permita conocer toda la información de la ciudad, así como la que corresponde a la infraestructura para dar servicio de agua potable, ya que por la carencia de este tipo de tecnología se hace lenta y defectuosa la correcta administración de toda la información tanto geográfica como estadística, lo que nos lleva a tener un déficit en la atención de los problemas que surgen en el día a día y a futuro en el suministro de agua potable en una gran ciudad como la que es León.

OBJETIVO

Identificar la problemática de la dotación de agua potable que aqueja a la ciudad de León con ayuda de un Sistema de Información Geográfica que nos permitirá manejar y administrar toda la información relacionada con dicha problemática.

CAPITULO 2.- ANALISIS Y DISEÑO DE REDES DE AGUA POTABLE.

Introducción.

Dentro de las actividades que desempeña el ingeniero civil, se tiene el estudio de las redes de abastecimiento de agua potable, actividad que forma parte de la disciplina denominada en la actualidad como Hidráulica Urbana.

El ser humano en su necesidad de vida en sociedad, se ha caracterizado en mantener su existencia en concentraciones de grandes grupos en la actualidad, tal es el caso de las grandes ciudades. Las necesidades de mejorar su calidad de vida, ha motivado el abandono de las actividades del campo para integrarse a las propias de las ciudades.

Las ciudades reciben agua para muchos fines:

- 1) Uso potable y culinarios.
- 2) Lavado y baños.
- 3) Limpieza de ventanas, paredes y pisos.
- 4) Calefacción y acondicionamiento de aire.
- 5) Llenado de piscinas y estanques de vadeo.
- 6) Exhibición de fuentes y cascadas.
- 7) Generación de energía hidráulica y de vapor.
- 8) Procesos industriales.
- 9) Combate de incendios.
- 10) Eliminación de desechos caseros perjudiciales y potencialmente peligrosos (aguas residuales) y aguas residuales industriales.

Ante estas necesidades actuales, se tiene el serio compromiso por parte de las instituciones de educación superior, de generar el desarrollo científico-técnico, cuyos resultados permitan reforzar el concepto de la sustentabilidad de los recursos naturales, que en nuestro caso, se refiere al buen aprovechamiento del agua potable.

2.1.- Antecedentes.

En una forma sencilla de describir el concepto de agua potable, puede considerarse como aquellas adecuadas para beber, y más específicamente aquellas aguas que no causan daño ni molestia al ingerirse en el organismo humano.

Para que las aguas tengan estas características de potabilidad se necesitan que lleven en disolución ciertas sustancias que las hacen agradable y nutritiva, es decir Oxígeno, Bióxido de Carbono, y sales minerales de Potasio, Sodio, Calcio y Magnesio; todas estas sustancias en pequeñas concentraciones, pues en exceso torna impropia el agua.

Cuando el agua deja de ser potable, puede estar afectada por elementos corrosivos e incrustables, tóxico, con sabor y olor desagradable, o por la presencia de microorganismos que vienen a afectar al ser humano algunas veces con consecuencias fatales.

En las últimas décadas el crecimiento de las poblaciones y sobre todo de las industrias han tenido una fuerte expansión demográfica y como resultado de ella se ha registrado en considerable aumento en el volumen de aguas residuales que al ser vertidas en los cuerpos receptores ocasionan problemas ecológicos y contaminan los acuíferos que son útiles al abastecimiento.

Elementos que constituyen un sistema de abastecimiento de agua potable.

I.- Captación.- Esta puede ser superficial y subterránea. Al ser superficial permite su aprovechamiento en una forma más fácil y económica ya que se aprovechan los manantiales, ríos, arroyos, presas y lagunas. La captación subterránea es más costosa y complicada ya que se requiere de equipos especiales para su aprovechamiento (equipos de bombeo con motores de combustión interna o eléctrica).

II.- Conducción.- Esta puede ser por gravedad o por bombeo siendo su transporte a través de canales o de tuberías.

III.-Regularización o almacenamiento.- Esta puede ser superficial o elevada. El superficial cuando se puede aprovechar una elevación natural del terreno, es elevado cuando se tiene que construir una estructura adicional.

IV.- Alimentación.- Esta al igual que la conducción puede ser por gravedad o por bombeo.

V.- Distribución.- Esta puede ser directamente, por gravedad o por bombeo con excedencia a la regularización siendo técnicamente más conveniente la de gravedad, dentro de la distribución se considera la toma domiciliarias, las cuales pueden ser con medidor o por cuota fija.

Normas de proyecto para el abastecimiento de agua potable.

1.- Nombre completo de la localidad, municipio y estado.

2.- censo actual de habitantes.

3.- Clima en la localidad.

4.- Servicio actual de abastecimiento de agua potable.

- 5.- fuente de abastecimiento (en caso de no existir se deberá efectuar un estudio geohidrológico)
- 6.- Tratamiento y potabilización.
- 7.- En caso de no contar con un sistema que no satisfaga las necesidades actuales de la población se deberá hacer una memoria descriptiva de cada una de las partes que componen el sistema en cuestión.
- 8.- el estado financiero del organismo operativo del sistema.
- 9.- Descripción de los servicios que existen en la localidad y sobre todo el de energía eléctrica.
- 10.- Costo de materiales de construcción y salario mínimo.

Para desarrollar el diseño de una red de suministro de agua potable se requiere de una serie de datos que se describen a continuación:

Datos de proyecto.

- 1.- población del último censo oficial.
- 2.- Población actual.
- 3.- Población de proyecto.
- 4.- Dotación en litros por habitante por día.
- 5.- Cálculo del gasto medio diario.
- 6.- Cálculo del gasto máximo diario.
- 7.- Cálculo del gasto máximo horario.
- 8.- Calculo de la capacidad de regularización.

Para el cálculo del gasto medio diario se usara la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\text{Dotación (poblacion de proyecto)}}{86400} \quad (\text{Cálculo de la línea de conducción})$$

Donde:

Q= gasto medio diario.

86400 = número de segundos en un día.

2.2.- Evaluación de las pérdidas por fricción por darcy weisbach.

La ecuación de Darcy Weisbach (1845) es la fórmula de mayor aplicación en flujos en tuberías trabajando a presión. Considerando la fórmula de Chezy (1769),

$$V = C\sqrt{RS}$$

Donde

$$S = \frac{h_f}{L}, \quad R = \frac{d}{4}, \quad \text{Para tuberías y considerando que } C = \sqrt{8g/f}, \text{ la ecuación de}$$

Chezy se transforma en

$$h_f = \frac{fL}{d} \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

,hf = Pérdidas de energía por fricción en el tubo, en metros.

,f = factor de fricción, adimensional.

L = longitud del tubo, en metros.

,d = Diámetro interno de la tubería, en metros.

V= Velocidad media del flujo en la tubería, en m/s.

El factor de fricción depende del estado del flujo, el cual está clasificado de acuerdo al número de Reynolds. Para tubos el diámetro es usado como una característica de dimensión en la ecuación de Reynolds la cual está dada por

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \quad \text{Adimensional.}$$

Donde

V= velocidad promedio del flujo, en m/s.

,d = diámetro interno del tubo, en metros.

\nu = viscosidad cinemática del fluido, en m²/s.

El flujo está clasificado como sigue:

Tipo de flujo	Valor de Re.
Laminar	<2000
Transición a turbulento(región crítica)	2000-4000
Turbulento	>4000

Para el flujo laminar, el factor de fricción es una función del número de Reynolds solamente y está dada por la relación siguiente basada en la ecuación de Hagen-Poiseville:

$$\text{Para flujo laminar} \quad f = \frac{64}{Re} \quad \text{adimensional.}$$

2.3.- Red de tuberías.

Una extensión de las tuberías en paralelo, es un sistema en la cual están interconectadas de forma compleja la configuración de circuitos. La solución de estos sistemas son complicados. Existen tres métodos como el de Hardy-Cross, el método de la Teoría Lineal y el método de Newton-Raphson. De estos el método de Hardy-Cross el cual involucra una serie de aproximaciones sucesivas y correcciones del flujo en tubos individuales resulta ser el más popular procedimiento de análisis.

De acuerdo a la ecuación de Darcy-Weisbach.

$$hf = \frac{fL}{d} \frac{V^2}{2g} = \frac{16}{\Pi^2} \frac{fL}{d^5} \frac{Q^2}{2g}$$

Como por la ecuación de Hazen-Williams.

$$Q = 0.432C d^{2.63} \left(\frac{hf}{L} \right)^{0.54}$$

o

$$hf = \frac{4.727L}{C^{1.85} d^{4.87}} Q^{1.85}$$

Ambas ecuaciones que determinan las pérdidas pueden ser expresadas de forma general como (ver tabla 2.1):

$$hf = K Q^n$$

Donde:

K = Coeficiente de resistencia, (Ver tabla)

,n= 2.0, para Darcy-Weisbach y 1.85 para Hazen-Williams.

Tabla 2.1.- Resistencia equivalente, K, para tuberías.

Fórmula	Unidades de medición	K
Hazen-Williams	Q, pcs; L, ft, d, ft; hf, ft	$\frac{4.73L}{C^{1.85} d^{4.87}}$
	Q, gpm; L, m; d, in.; hf, ft	$\frac{10.44L}{C^{1.85} d^{4.87}}$
	Q, m3/s; L, m; d, m; hf, m	$\frac{10.70L}{C^{1.85} d^{4.87}}$
Darcy-Weisbach	Q, cfs; L, ft; d, ft; hf, ft	$\frac{fL}{39.70 d^5}$
	Q, gpm; L, ft; d, in; hf, ft	$\frac{fL}{32.15 d^5}$
	Q, m3/s; L, m; d, m; hf, m	$\frac{fL}{12.10 d^5}$

La suma de las pérdidas por fricción alrededor de un circuito cerrado es cero: esto es

$$\sum hf = 0$$

Considerando que Q_a es una descarga considerando en cada tubo del circuito que satisface la continuidad del flujo. Si Δ es la corrección hecha en el flujo considerado de todos los tubos del circuito para satisfacer la condición de $\sum hf = 0$, después por sustitución en la ecuación $hf = K Q^n$ se tiene.

$$\sum K(Q_a + \Delta)^n = 0$$

Desarrollando la expresión con el teorema binomial

$$\Delta = -\frac{K Q_a^n}{n \sum K Q_a^{n-1}}$$

O

$$\Delta = -\frac{hf}{n \sum \left| \frac{hf}{Q_a} \right|} L^3 T^{-1} \quad (1)$$

La ecuación 1 es usada en el procedimiento de Hardy-Cross.

2.4.- Cálculo hidráulico.

Para el cálculo de la red se considera la zona urbana presente en la fecha del proyecto y de acuerdo con sus densidades actuales y probables. Se procede el cálculo hidráulico de la siguiente manera:

1.- Sobre el plano de la población se trazarán las tuberías de circuito y de relleno localizadas en la forma indicada; se anotará la longitud de cada tramo de calle y se enumerarán ordenadamente los cruces.

2.- Se obtendrá la longitud total de la red sumando todas las longitudes de los tramos de calle.

3.- Se determinará el coeficiente de gasto o gasto por unidad de longitud el cual es resultado de dividir el gasto máximo horario entre la longitud total de la red:

$$q_{ml} = Q_{máx.h} / L_T$$

Tabla 2.1.- Coeficientes de rugosidad para tubería nueva.

Material	Hazen-Williams C	Darcy-Weisbach ϵ , milésimas de ft	Manning n
Fundición	130-140	0,85	0.012-0.015
Hormigón u hormigón revestido	120-140	1.0-10	0.012-0.017
Hierro galvanizado	120	0.5	0.015-0.017
Plástico	140-150	0.005	0.011-0.015
Acero	140-150	0.15	0.015-0.017
Vitrocerámica	110		0.013-0.015

2.4.1.- Distribución.

Las tuberías se denominan de la siguiente manera:

La presión se regula en las líneas de conducción no en la regulación (por medio de tanques elevados) circuitos principales o troncales o líneas secundarias o de relleno será de 2”.

La línea de alimentación tendrá siempre un diámetro mayor o igual al diámetro de las tuberías del circuito siendo recomendable que el diámetro en la práctica se obtiene el diámetro a partir del Q.

Para el cálculo ideal de la línea de alimentación, se deberá considerar el obtenido del cálculo del gasto máximo horario.

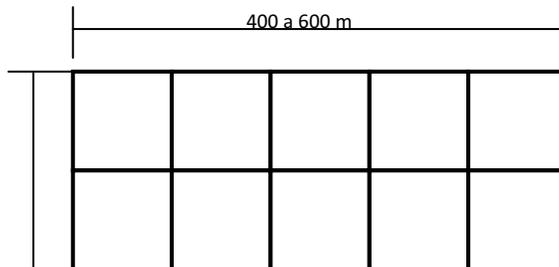
La línea de alimentación es un conducto o tubería que suministra el agua directamente del tanque de regularización y termina en el punto donde se hace la primera derivación a la red. En la línea de conducción y de alimentación no se deberán instalar toma domiciliaria.

La línea de conducción es el conducto o tubería que parte desde la captación y el cálculo de su diámetro estará en función de su gasto máximo diario.

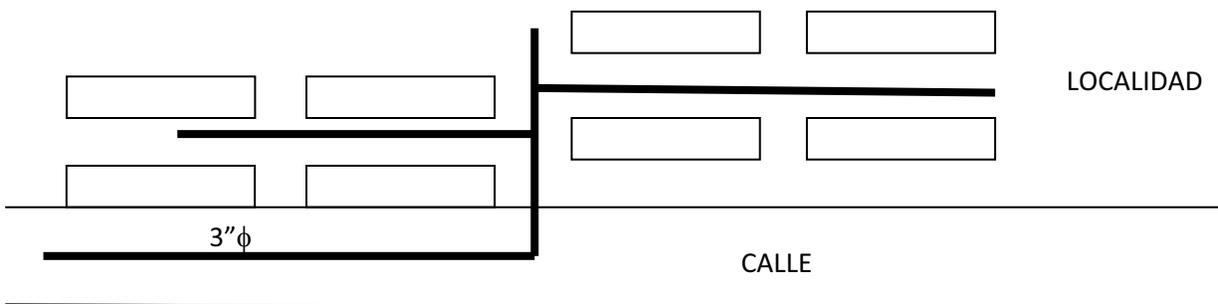
En caso de que existan dos o más fuentes de abastecimiento la suma de los gastos deberá ser igual al gasto máximo diario.

2.4.2 Circuitos.

Cuando la traza de las calles permita que se forme una malla para la distribución a esta red se le denomina de circuitos y las tuberías que lo formen se deberán localizar a una distancia entre 400 y 600 metros.



Si la traza es muy irregular y no permite la formación de circuitos, a esta red se le denomina “abierta” siendo el diámetro mínimo de la tubería principal de 3”.



En las líneas secundarias siempre se deberá instalar una toma domiciliaria al final de la tubería con el objeto de evitar estancamiento del agua.

Cálculo del diámetro de las tuberías.

Se utiliza la siguiente expresión:

$$D = 1.5\sqrt{Q_{md}}$$

Donde:

D = diámetro en pulgadas.

1.5 factor.

Q_{md} = gasto máximo diario, en lps.

Al calcular el diámetro se deberá de adecuar el cálculo al diámetro comercial inmediato superior.

Diámetros comerciales: 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24, 30, 36.

Una vez calculado el diámetro, se procederá a calcular la pérdida de carga por fricción utilizando la fórmula de Manning.

$$H_f = KLQ^2$$

Donde:

H_f = pérdidas de carga, en metros.

K = coeficiente constante de la fórmula de Manning (ver tabla 2.3).

L = longitud de la tubería, en metros.

Q = gasto máximo diario, en m³.

Para determinar K se utilizara la siguiente fórmula:

$$hf = k * L * Q^2$$

Donde

H_f = pérdida de carga, en metros.

K = coeficiente constante de la fórmula de Manning.

L = longitud de la tubería, en metros.

Q = gasto máximo diario, en m³.

Para determinar K se utilizara la siguiente expresión:

$$k = \frac{10.293n^2}{D^{16/3}}$$

Donde:

,n = coeficiente de rugosidad de la tubería.

D = diámetro, en metros.

Para la tubería de asbesto-cemento se utilizara n= 0.010

Tabla 2.3.- Valores de K, para determinar las pérdidas de fricción, en la ecuación de Manning.

Diámetro Pulg.	M	0.009 K pvc	0.010 K asbesto-cemento	0.011 K Latón Medianas condiciones	0.012 K Fierro forjado Perfectas condiciones	0.013 K Fierro galvanizado	0.014 K Fierro forjado Medianas condiciones	0.015 K Fierro forjado	0.016 K Concreto Malas condiciones
½	0.013	9,553,264.60	11,798,396.33	14,318,442.15	16,953,035.50	19,931,217.48	23,138,602.52	26,575,028.64	30,240,549.83
¾	0.019	1,261,724.66	1,558,245.08	1,891,074.13	2,239,031.77	2,632,375.19	3,055,975.79	3,509,833.59	3,993,948.56
1	0.025	292,631.58	361,403.51	438,596.49	519,298.25	610,529.82	708,771.93	817,543.86	926,315.79
1 ¼	0.032	77,943.93	96,261.68	116,822.43	138,317.76	162,616.82	188,785.05	216,822.43	246,728.97
1 ½	0.038	31,353.38	38,721.8	46,992.48	55,639.10	65,413.53	75,939.85	87,218.05	99,248.12
2	0.051	6,515.63	8,046.88	9,765.63	11,562.50	13,593.75	15,781.25	18,125.78	20,625.00
2 ½	0.064	1,944.06	2,400.93	2,913.75	3,449.88	4,055.94	4,708.62	5,407.93	6,153.85
3	0.076	779.44	962.62	1,168.22	1,383.18	1,626.17	1,887.85	2,168.22	2,467.29
4	0.102	161.63	199.61	242.25	286.62	337.21	391.47	449.61	511.63
5	0.127	50.24	62.05	75.30	89.16	104.82	121.69	139.76	159.04
6	0.152	19.26	23.79	28.87	34.18	40.18	46.65	53.58	60.97
8	.203	4.11	5.07	6.16	7.29	8.57	9.95	11.43	13.00
10	.254	1.24	1.54	1.87	2.21	2.60	3.01	3.46	3.94
12	.305	.46854	.58262	.70225	.83146	.97753	1.15	1.30	1.48
14	.356	.20593	.25432	.30864	.36543	.42963	.49877	.57284	.65185
16	.406	.10208	.12610	.15300	.18115	.21297	.24725	.28397	.32313
18	.457	.05416	.06688	.08123	.09610	.11299	.13117	.15065	.17143
20	.508	0.03088	.03815	.04630	.05481	.06444	.07481	.08593	.09778
24	.610	0.01165	.01439	.01746	.02067	.02430	.02821	.03240	.03687
30	.762	0.00355	.00439	.00533	.00631	.00742	.00861	.00989	.01125
36	.914	.00135	.00166	.00202	.00239	.00281	.00326	.00375	.00426
42	1.067	0.00059	.00073	.00088	.00105	0.00123	.00143	.00164	.00187
48	1.219	0.00029	.00036	.00043	.00051	.00061	.00070	.00081	.00092
54	1.372	0.0015	.00019	.00023	.00027	.00032	.00037	.00043	.00049

2.5.- Ejemplos de cálculo de redes de distribución.

La tabla 2.4 será la utilizada para el cálculo de las redes en estos ejemplos

- Para el caso en el que se tiene solo un circuito.

Ejercicio 1: Resolver la red hidráulica que se muestra en la figura 2.1.

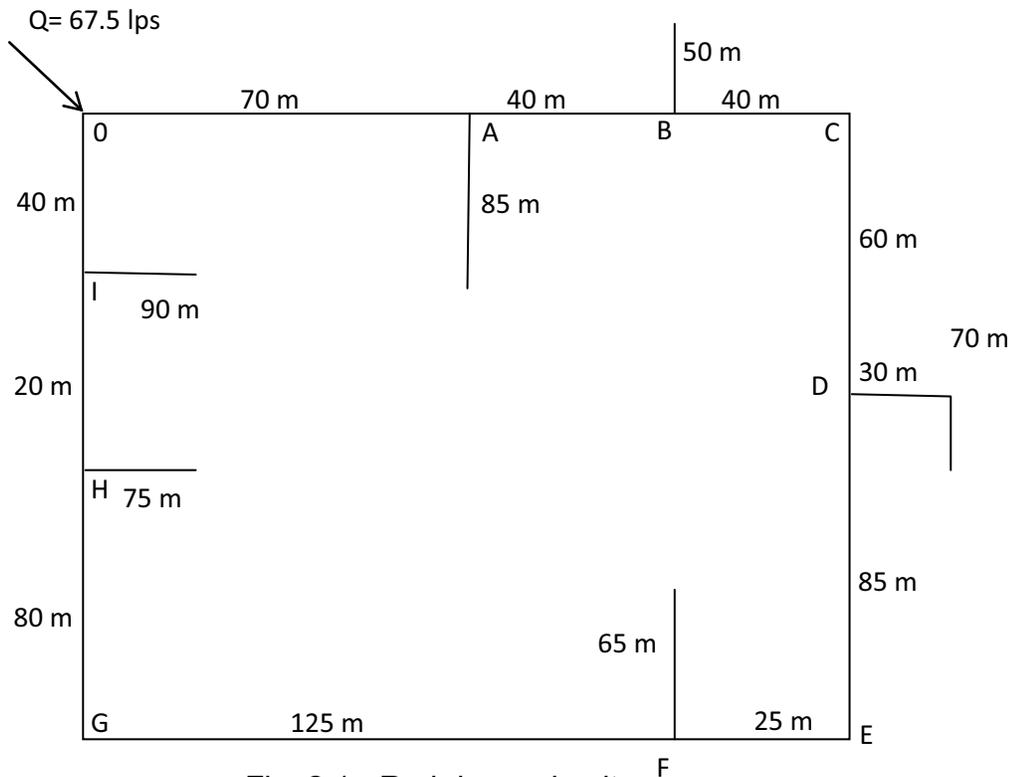


Fig. 2.1.- Red de un circuito.

Solución:

1.- Se tiene como dato el gasto máximo diario que es de 45.00 lps, para calcular la red se necesita determinar el gasto máximo horario que es igual a

$$Q_{md} = Q_{md} \times 1.5 = 45.0 \times 1.5 = 67.5 \text{ lps}$$

2.- La longitud total de la red es de $L = 1050$ metros.

3.- Cálculo del gasto específico.

$$q = Q_{mh} / \text{longitud total de la red}$$

$$q = 67.5 / 1050 = 0.0643 \text{ lps/m}$$

4.- Convención de signos



5.- Material a emplear asbesto-cemento $n=0.010$

6.- El gasto en cada tubería se calcula multiplicando su longitud por el gasto específico.

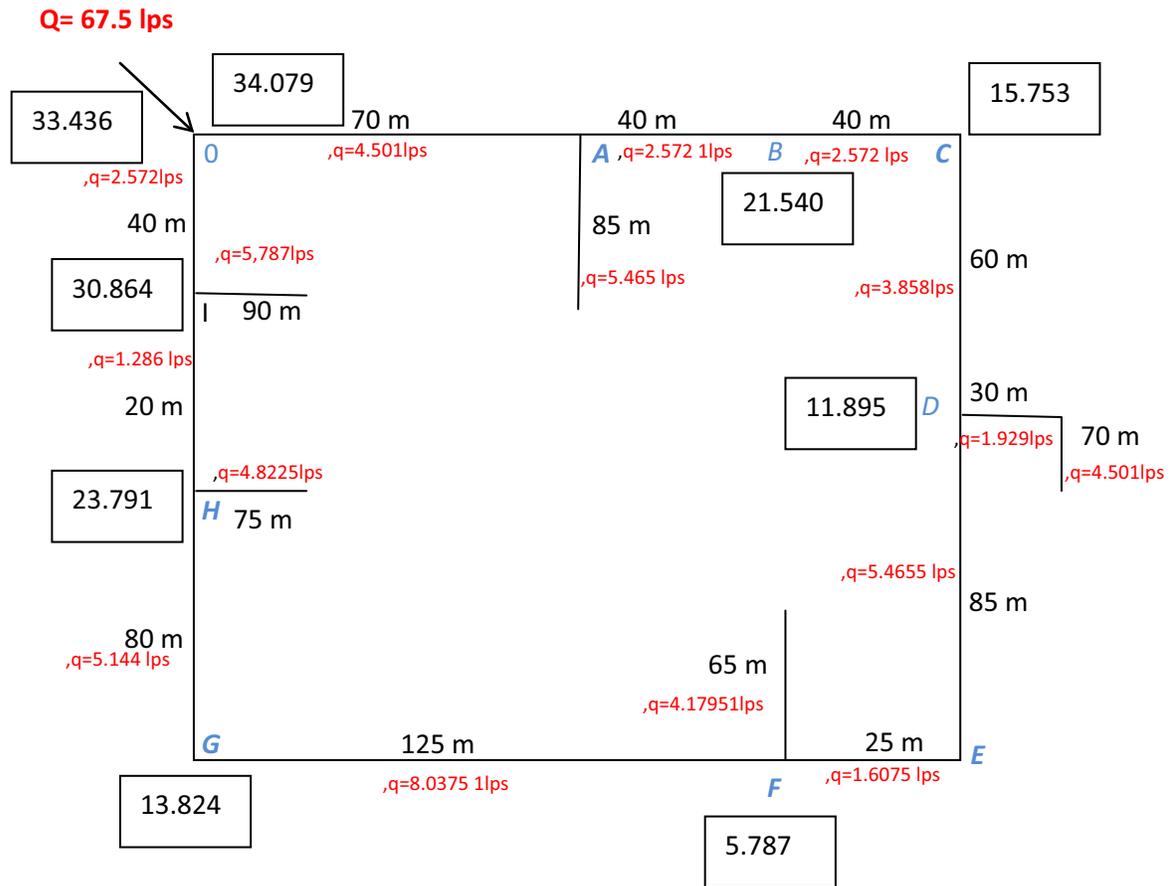


TABLA DE CALCULO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Localidad: _____ Municipio: _____ Hoja N°: _____
 Estado: _____ Revisó: _____ Fecha: _____

Circuito	Tramo	Longitud	Gasto	Diám.	Hf	H/Q	Corrección	Q ₁	H ₁	H ₁ /Q ₁	Corrección	Q ₂	H ₂	H
Propio	Común	m	l.p.s	Pulg.	m			lps	m			lps	m	Comp.
	E-D	85	5.46	4	0.506	0.0927	-0.436	5.024	0.428					
	D-C	60	15.75	6	0.354	0.0224	-0.436	15.314	0.3541					
	C-B	40	21.54	8	0.094	0.0043	-0.436	21.104	0.0903					
	B-A	40	29.58	10	0.054	0.0018	-0.436	29.144	0.052					
	A-O	70	34.08	10	0.1252	0.0036	-0.436	33.644	0.122					
				Σ=	1.1331	0.1248			1.046					
	E-F	25	-1.61	3	0.0623	0.0387	-0.436	2.046	0.1007					
	F-G	125	-13.82	6	0.5679	0.0411	-0.436	14.256	0.6043					
	G-H	80	-23.79	8	0.2295	0.0096	-0.436	24.226	0.2380					
	H-I	20	-30.86	10	0.0293	0.0009	-0.436	31.296	0.301					
	I-O	40	-33.43	10	0.0588	0.0021	-0.436	33.872	0.706					
				Σ=	-0.958	0.09245			1.044					

Tabla 2.5.- Tabla de cálculo para el ejercicio 1.

- Ejercicio para en el que se cuenta con dos circuitos.

Ejemplo: Resolver la red que se muestra en la figura 2.2.

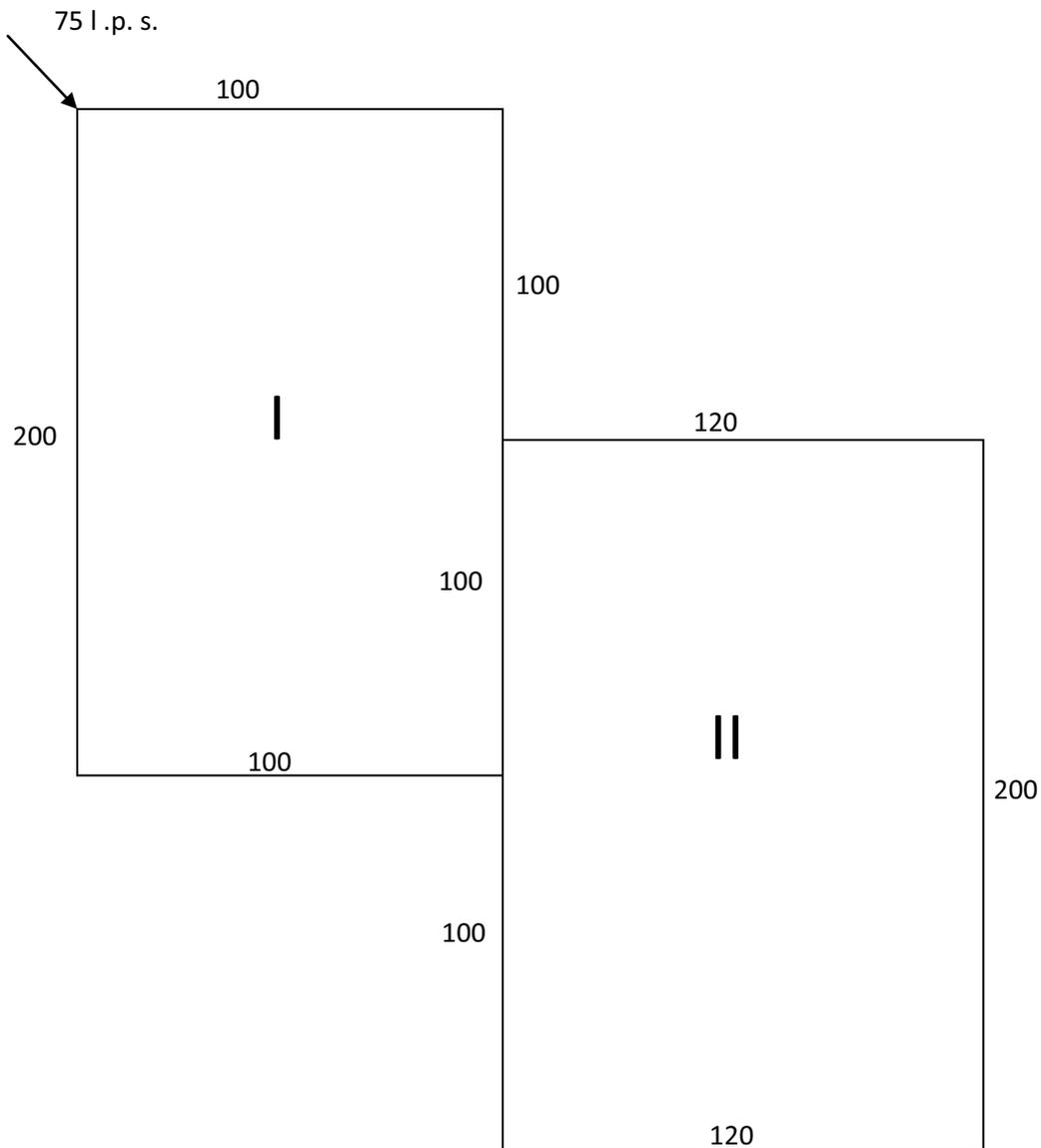
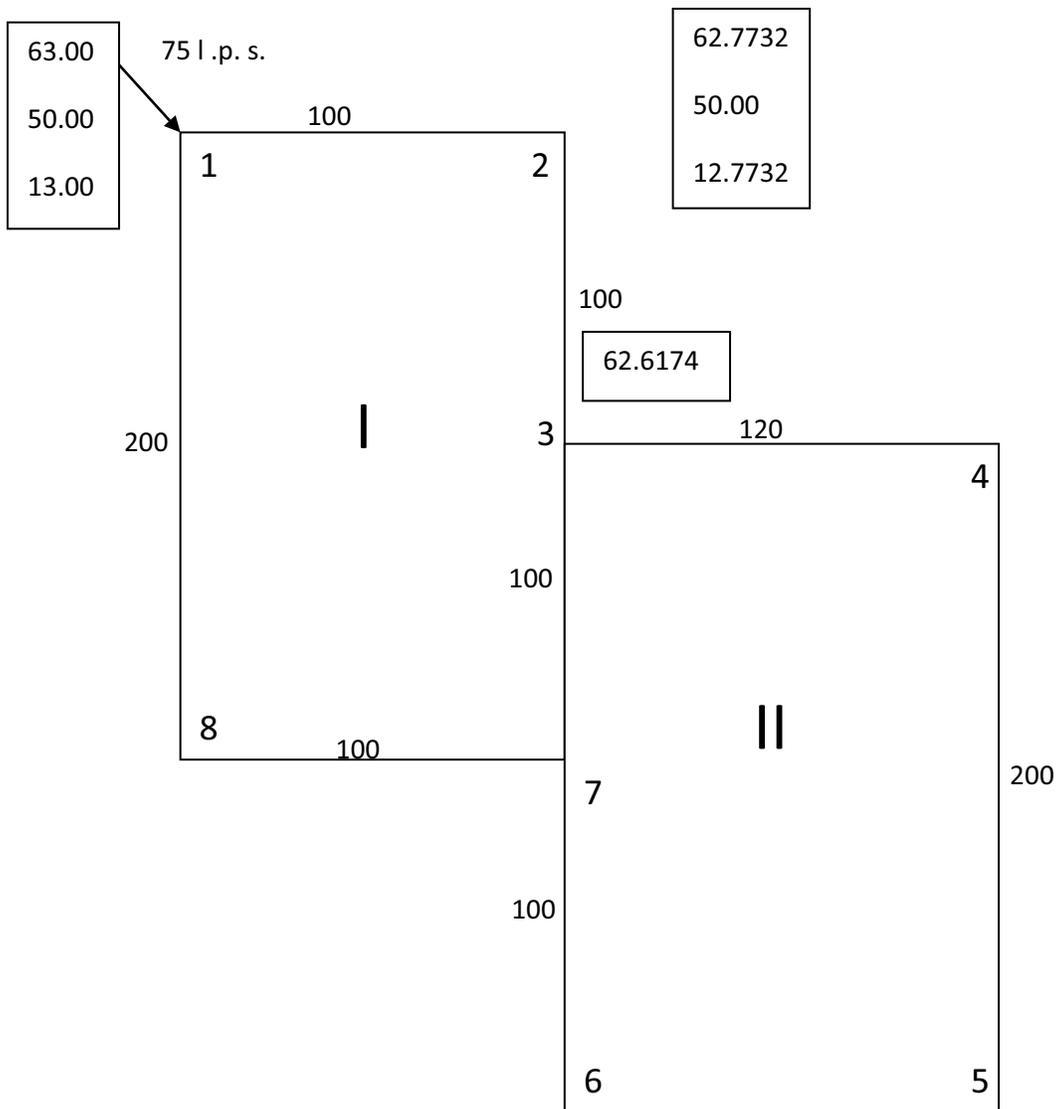


Fig. 2.2.- Red de distribución de dos circuitos.

Longitudes en metros.

Material de la tubería= asbesto-cemento.

, $n= 0.010$



Solución:

- 1) Se determina la longitud de la red.

$$L = 1140 \text{ m}$$

- 2) Se calcula el gasto específico.

- 3) $q = 75.00/1140 = 0.0657 \text{ lps/m}$

4)

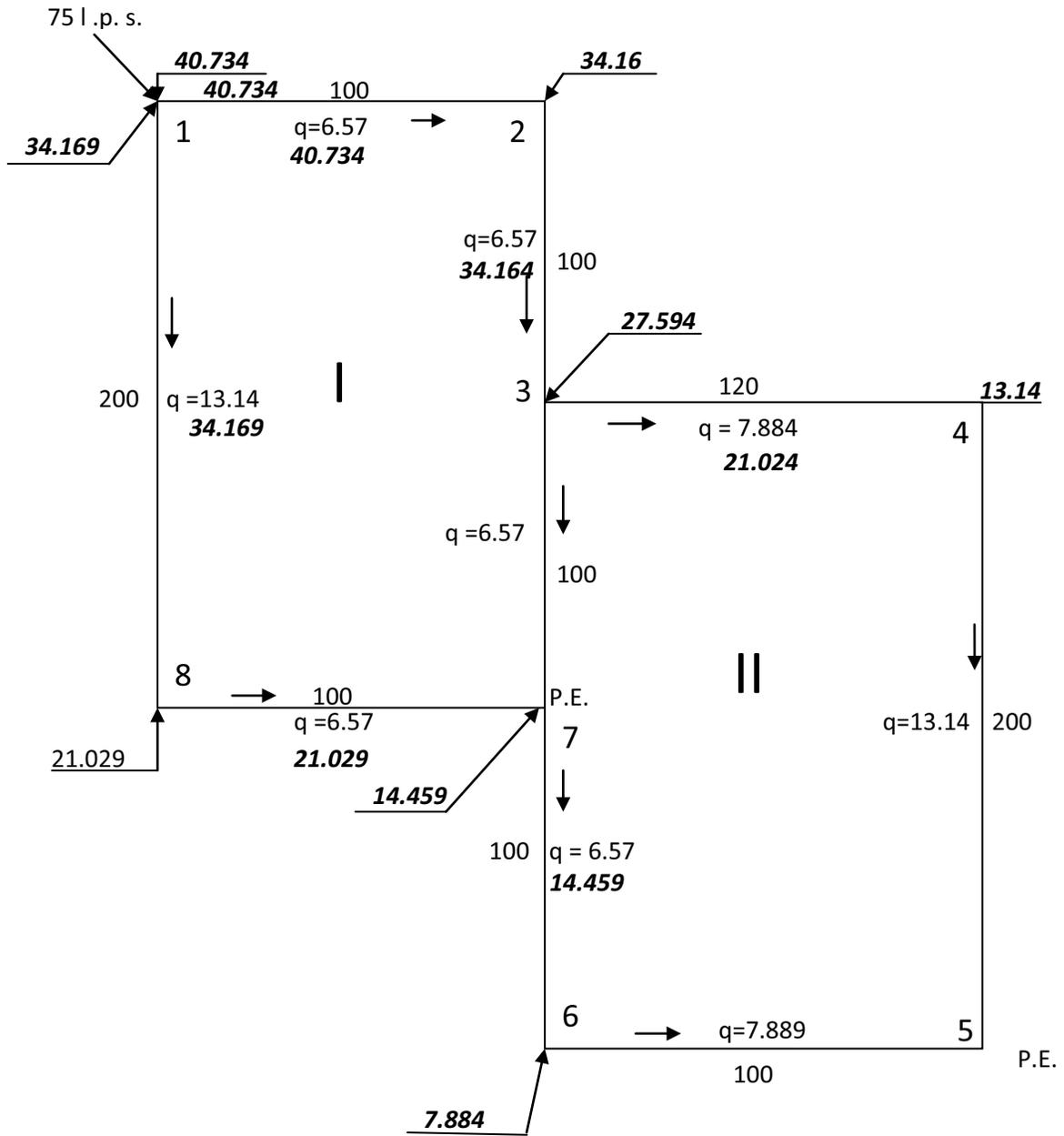


TABLA DE CALCULO PARA REDDE DISTRIBUCIÓN

Localidad: _____ Municipio: _____ Hoja N°: _____

Estado: _____ Revisó: _____ Fecha: _____

Círculo	Tramo	Longitud	Gasto	Diám.	Hf	H/Q	Corrección	Q ₁	H ₁	H ₁ /Q ₁	Corrección	Q ₂	H ₂	H
Propio	Común	m	l.p.s	Pulg.	m			lps	m			lps	m	Comp.
	1-2	100	40.734	10	0.2555	0.0063	-2.3536	38.3804	10	0.2288				
	2-3	100	34.164	10	0.1797	0.0052	-2.3536	31.8104	10	0.1658				
I	3-7	100	6.57	4	0.8616	0.1311	-2.3536 - (-0.9148) = -3.2684	3.3016	3	1.0432				
				Σ=	1.2968	0.1428			Σ=	1.4318				
	1-3	200	-34.164	10	0.3595	0.0105	-2.3536	-36.5176	10	0.4107				
	8-7	100	-21.024	8	0.2241	0.0107	-2.3536	-23.3776	8	0.2771				
				Σ=	-0.5836	.1638			Σ=	0.6878				
	3-4	120	21.024	8	0.2589	0.0128	0.9148	21.9388	8	0.2928				
	4-5	200	13.1400	6	0.8215	0.0625	0.9148	14.0548	6	0.9399				
				Σ=	1.0904	0.0753			Σ=	1.2327				
II	3-7	100	-6.57	4	0.8616	0.1311	.9148 - (-2.3536) = -3.2684	-3.3016	3	1.0432				
	7-6	100	-14.454	6	0.4870	0.0344	0.9148	-13.5392	6	0.4381				
	6-5	120	-7.884	6	0.1774	0.0225	0.9148	-6.9592	4	1.1634				
				Σ=	-1.536	0.2633			Σ=	2.6487				

Tabla 2.6.- Tabla de cálculo para el ejercicio 2.

- Ejemplo para el caso en el que se tengan 4 circuitos comunes.

El agua fluye a través del sistema de tuberías mostrado en la figura 2.3.

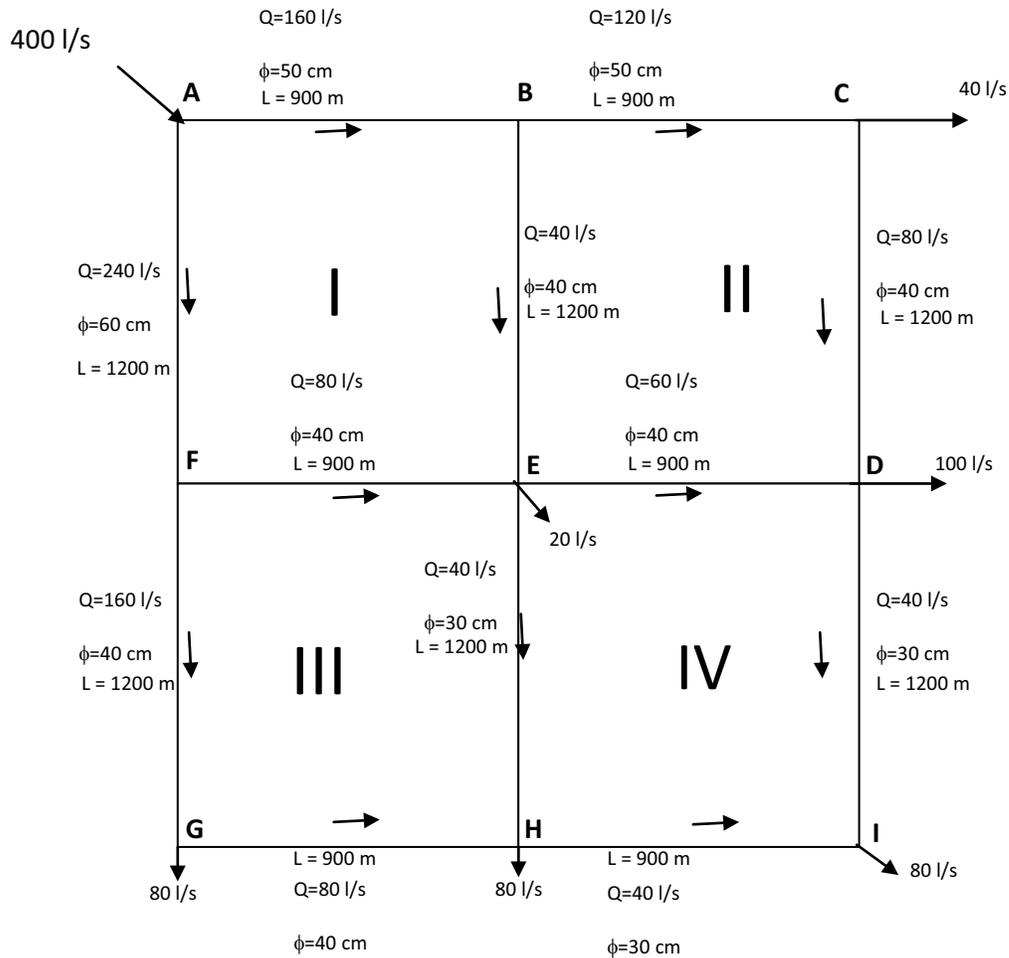


Fig. 2.3.- Red de 4 circuitos.

En el punto A la elevación es de 60.00 metros y la altura de presión de 45.00 metros. La elevación en I es de 30.00 metros. Determinar a) los caudales a través de la red de tuberías, b) la altura de presión en I, (utilizar $C = 100$).

Solución:

- 1) Se suponen una serie de caudales iniciales, procediendo circuito por circuito –en este caso los lazos o circuitos son el I, II, III y IV- Hay que poner cuidado en que los caudales que llegan a cada nudo sean igual en valor a la suma de los caudales salientes del mismo (principio de continuidad).

- 2) Para cada lazo se calcula la pérdida de carga en cada una de las tuberías del circuito.
- 3) Se suman las pérdidas de carga en cada circuito en el sentido de las agujas de un reloj; teniendo en cuenta la colocación correcta de los signos (si la suma de las pérdidas de carga fuera nula, los caudales Q_i supuestos serían los correctos).
- 4) Se suman los valores de H_1/Q_1 , calculando a continuación el término Δ , de corrección de los caudales en cada lazo.
- 5) Se corrige el caudal en cada una de las tuberías en Δ , con lo que se aumenta o disminuye en esa cantidad cada caudal Q supuesto. Para los casos en que una tubería pertenece a dos circuitos, debe aplicarse como corrección al caudal supuesto en esta tubería la diferencia entre las dos Δ .
- 6) Se continuará de forma análoga hasta que los valores de los Δ sean despreciables.

Circuito	Tramo	ϕ cm	L m	Q_1 lps	S m/100 m	H_1 m	H_1/Q_1	Δ	Q_2
	A-B	50	900	160	2.20	1.980	0.0124	13.3	173.3
Común II	B-E	40	1200	40	0.50	0.600	0.0150	13.3-(5.3)=8.0	48.0
Común III	E-F	40	900	-80	-1.90	-7.10	0.0214	13.30-(24.2)=-10.90	-90.9
	F-A	60	1200	-40	-1.92	-3.04	0.0096	13.30	-226.7
						-4.34	0.0584		
II	B-C	50	900	120	1.30	1.170	0.0098	5.3	125.30
II	C-D	40	1200	80	1.90	2.160	0.0270	5.3	85.30
Común IV	D-E	30	900	-60	-4.30	-3.870	0.0645	5.3-(-4.9)=10.2	-49.80
Común II	E-B	40	1200	-40	-0.50	-0.600	0.0150	5.3-(13.3)=-8.0	-48.00
						-1.140	0.1163		
Común I	F-E	40	900	80	1.90	1.710	0.0214	24.20-13.3)=10.90	90.90
Común IV	E-H	30	1200	40	2.00	2.400	0.0600	24.20-(-.90)=29.10	69.10
III	H-G	40	900	-80	-1.80	-1.620	0.0203	24.20	-55.80
III	G-F	40	1200	-160	-6.50	-9.800	0.0613	24.20	-135.80

						-0.310	0.1630		
Común II	E-D	30	900	60	4.30	3.870	0.0645	-4.90-(5.3)=-10.20	49.80
IV	D-I	30	1200	40	2.00	2.400	0.0600	-4.90	35.10
IV	I-H	30	900	-40	-2.00	-1.800	0.0450	-4.90	-44.90
Común III	H-E	30	1200	-40	-2.00	-2.400	0.0600	-4.90-(24.2)=-29.1	-69.10
IV						2.070	0.2295		

Los pasos de los cálculos resumidos se han desarrollado en forma tabular,

Los términos Δ se calculan como siguen:

$$\Delta_I = -\frac{(-1.434)}{1.85(0.0584)} = +13.30$$

$$\Delta_{II} = -\frac{(-1.140)}{1.85(0.01163)} = +5.30$$

$$\Delta_{III} = -\frac{(-7.310)}{1.85(0.1630)} = +24.20$$

$$\Delta_{IV} = -\frac{(-2.070)}{1.85(0.2295)} = -4.90$$

Para la tubería E-F y el circuito I, el término Δ neto es $(\Delta_I - \Delta_{III})$, es decir $(+13.3 - (+24.2)) = -10.90$. Se observa que el Δ del circuito III ya que el Δ para el circuito I se combina con el Δ del circuito III, ya que la tubería EF pertenece a los dos circuitos. En forma análoga la tubería E-F como perteneciente al circuito III, el término Δ neto es $(\Delta_{III} - \Delta_I)$, es decir $(+24.2 - (+13.3)) = +10.90$.

Obsérvese que los valores Δ netos tienen el mismo valor absoluto pero signo opuesto. Esto se comprende fácilmente ya que el flujo en la tubería E-F es contrario al de las agujas de un reloj en el circuito I, mientras que en el circuito III es del sentido de las agujas del reloj.

Los valores de los Q_2 para la segunda aproximación se calculan así:

$$Q_{A-B} = (160 + 13.3) = 173.3 \text{ l/s}$$

Mientras que

$$Q_{E-F} = (-80.0 - 10.90) = -90.90 \text{ l/s}$$

$$Q_{F-A} = (-240.0 + 13.3) = -226.7 \text{ l/s}$$

El método consiste en continuar las aproximaciones hasta que los términos Δ sean lo suficientemente pequeños, de acuerdo con la precisión que se busque, recordando siempre que los valores de C_1 tienen una precisión limitada.

b) La altura piezométrica en A es $(60.0 + 45.0)=105.0$ m. La pérdida de carga de A a I puede calcularse por cualquiera de las rutas que unen A con I, sumando las pérdidas de la forma usual, es decir, en la dirección del flujo.

Circuito	Tramo	Q2	S m/100 m	H1 m	H1/Q1	Δ
I	A-B	173.3	2.70	2.430	0.0140	
I-Común II	B-E	48.0	0.70	0.840	0.0175	$7.2-(-1.2)=8.4$
I-Común III	E-F	-90.9	-2.30	-2.070	0.0228	$7.2-(-6.4)=13.6$
I	F-A	-226.7	-1.70	-2.040	0.0090	7.2
				-0.840	0.0633	
II	B-C	125.30	1.40	1.260	0.0101	-1.20
II	C-D	85.30	2.10	2.520	0.0295	-1.20
II-Común IV	D-E	-49.80	-3.00	-2.700	0.0542	$-1.2-8.9=-10.1$
II-Común II	E-B	-48.00	-0.70	-0.840	0.0175	$-1.20-7.20=-8.4$
				0.240	0.1113	
III-Común I	F-E	90.90	2.30	2.070	0.0228	$-6.40-7.2=-13.60$
III-Común IV	E-H	69.10	5.50	6.600	0.0955	$-6.40-8.9=-15.30$
III	H-G	-55.80	-1.80	-1.620	0.0203	24.20
III	G-F	-135.80	-6.50	-9.800	0.0613	24.20
				-7.310	0.1630	
IV-Común II	E-D	49.80	3.00	2.700	0.0542	$+8.9-(-1.2)=10.10$
IV	D-I	35.10	1.61	1.932	0.0550	+8.90
IV	I-H	-44.90	-2.50	-2.250	0.0501	+8.90
IV-Común III	H-E	-69.10	-5.50	-6.600	0.0955	$+8.9-(-6.4)=15.30$
				-4.218	0.2548	

Utilizando el camino ABEHI se obtiene $(H_{AI}) = (2.520+1.116+4.200+1.440)=9.276$ m. Como comprobación al utilizar la ruta ABEDI, $H = (2.520+1.116+3.780+3.000)=10.416$ m. Utilizando el valor 9.80 m la altura piezométrica en I será $= (105.0-9.80)=95.20$ m. De aquí la altura de presión en I = $(95.20-30.0) = 65.20$ m.

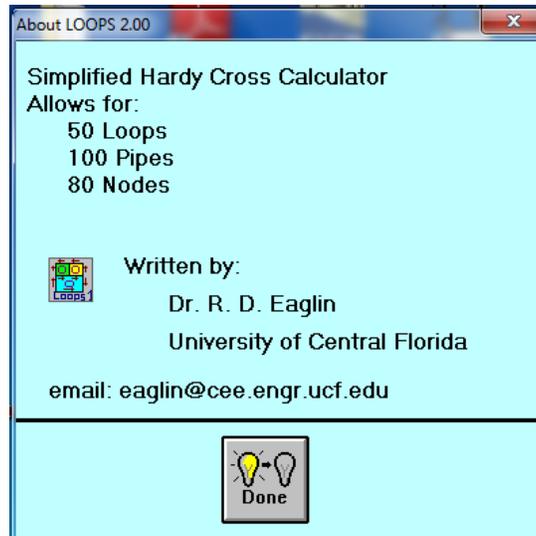
Circuito	Tramo	Q2	S m/100 m	H1 m	H1/Q1	Δ
I	A-B	173.3	2.70	2.430	0.0140	7.2=180.5
I-Común II	B-E	48.0	0.70	0.840	0.0175	7.2-(-1.2)=8.4
I-Común III	E-F	-90.9	-2.30	-2.070	0.0228	7.2-(-6.4)=13.6
I	F-A	-226.7	-1.70	-2.040	0.0090	7.2
				-0.840	0.0633	
II	B-C	125.30	1.40	1.260	0.0101	-1.20
II	C-D	85.30	2.10	2.520	0.0295	-1.20
II-Común IV	D-E	-49.80	-3.00	-2.700	0.0542	-1.2-8.9=-10.1
II-Común II	E-B	-48.00	-0.70	-0.840	0.0175	-1.20-7.20=-8.4
				0.240	0.1113	
III-Común I	F-E	90.90	2.30	2.070	0.0228	-6.40-7.2=-13.60
III-Común IV	E-H	69.10	5.50	6.600	0.0955	-6.40-8.9=-15.30
III	H-G	-55.80	-1.80	-1.620	0.0203	24.20
III	G-F	-135.80	-6.50	-9.800	0.0613	24.20
				-7.310	0.1630	
IV-Común II	E-D	49.80	3.00	2.700	0.0542	+8.9-(-1.2)=10.10
IV	D-I	35.10	1.61	1.932	0.0550	+8.90
IV	I-H	-44.90	-2.50	-2.250	0.0501	+8.90
IV-Común III	H-E	-69.10	-5.50	-6.600	0.0955	+8.9-(-6.4)=15.30
				-4.218	0.2548	

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LEÓN GUANAJUATO

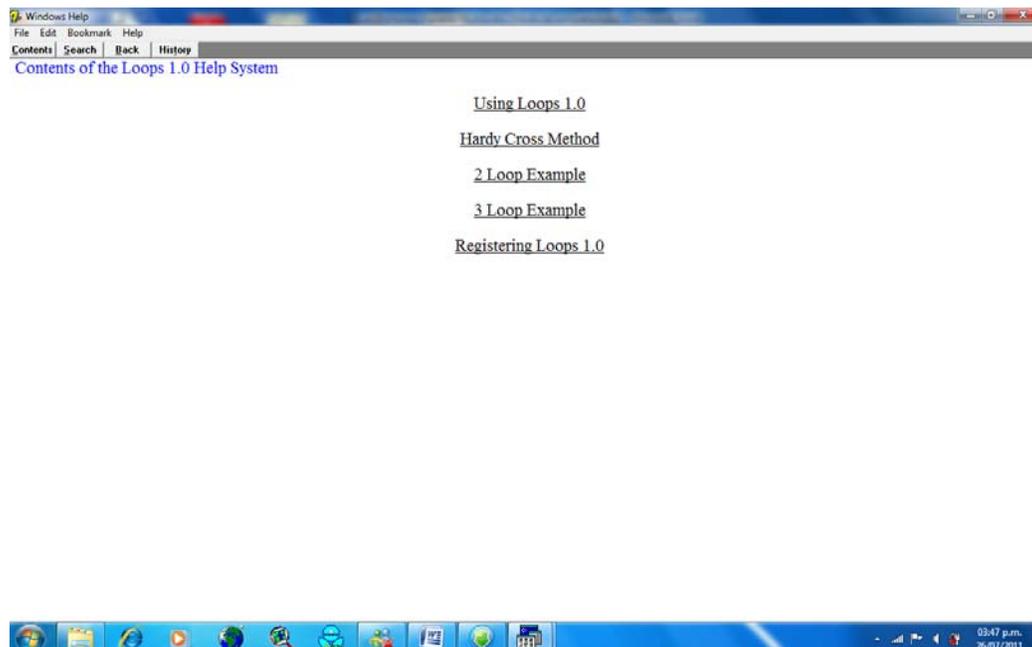
Circuito	Tramo	Q2	S m/100 m	H1 m	H1/Q1	Δ	Q3
I	A-B	180.5	2.80	2.520	0.0140	-1.1	179.40
I-Común II	B-E	56.4	0.93	1.116	0.0198	-1.1-4.9=-6.0	50.40
I-Común III	E-F	-77.3	-1.76	-1.584	0.0205	-1.1-4.8=-5.90	-83.20
I	F-A	-219.5	-1.60	-1.920	0.0087	-1.1	-220.60
				0.132	0.0630		
II	B-C	124.10	1.41	1.269	0.0102	4.90	129.00
II	C-D	84.10	2.10	2.520	0.0300	4.90	89.00
II-Común IV	D-E	-59.90	-4.20	-3.780	0.0631	4.9-(-2.5)=7.40	-52.50
II-Común I	E-B	-56.40	-0.93	-1.116	0.0198	4.9-(-1.1)=6.00	50.40
				-1.107	0.1231		
III-Común I	F-E	77.30	1.76	1.584	0.0205	4.8-(-2.5)=5.9	83.20
III-Común IV	E-H	53.80	3.50	4.200	0.0781	4.80-(-2.5)=7.3	61.10
III	H-G	-62.20	-1.20	-1.080	0.0174	4.80	-57.40
III	G-F	-142.20	-5.10	-6.120	0.0430	4.80	-137.40
				-1.416	0.1590		
IV-Común II	E-D	59.90	4.20	3.780	0.0631	-2.50-4.90=-7.40	52.50
IV	D-I	44.00	2.50	3.000	0.0682	-2.50	41.50
IV	I-H	-35.10	-1.60	-1.440	0.0410	-2.50	-37.60
IV-Común III	H-E	-53.80	-3.50	-4.200	0.0781	-2.5-4.80=-7.30	-61.10
				1.140	0.2504		

2.6.- Ejercicio de resolución de redes de distribución con el programa loops 2.0.

Este programa elaborado por el Dr. R. D. Eaglin permite diseñar circuitos con las siguientes características: 50 circuitos, 100 tuberías y hasta 80 nodos.



El contenido se muestra en la siguiente figura.



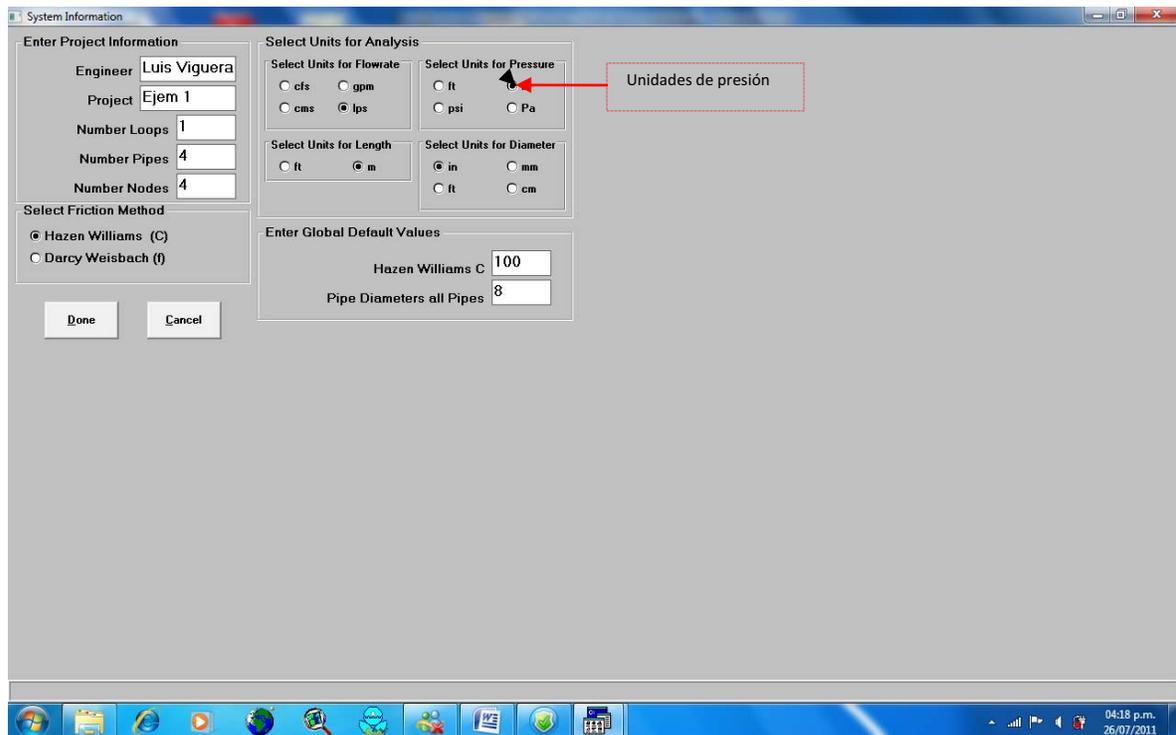
Para el análisis de una red de un circuito se requiere de lo siguiente:

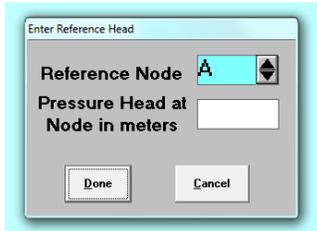
LOOPS 2.0 es un programa con cual permite a los usuarios presentar el análisis de circuitos mediante el método de Hardy Cross. Presentando este análisis mediante los siguientes pasos para obtener un resultado exitoso.

Pasos a seguir en la captura de datos de nuestro circuito.

- 1.- Tener un esquema de la red de trabajo.
2. Numeración de los nodos y tuberías.
3. Ingresar datos en el programa.
4. Revisión de todos los datos que se ingresaron.
5. Si los datos son corrector, calcular todos los parámetros en el programa.
- 6.- Salida de resultados.

Una vez realizado el esquema y con la información de la red, se inicia el ingreso de datos en el programa. En el menú de cortina se selecciona EDIT, y se agrega información al sistema. Como se muestra en la figura.

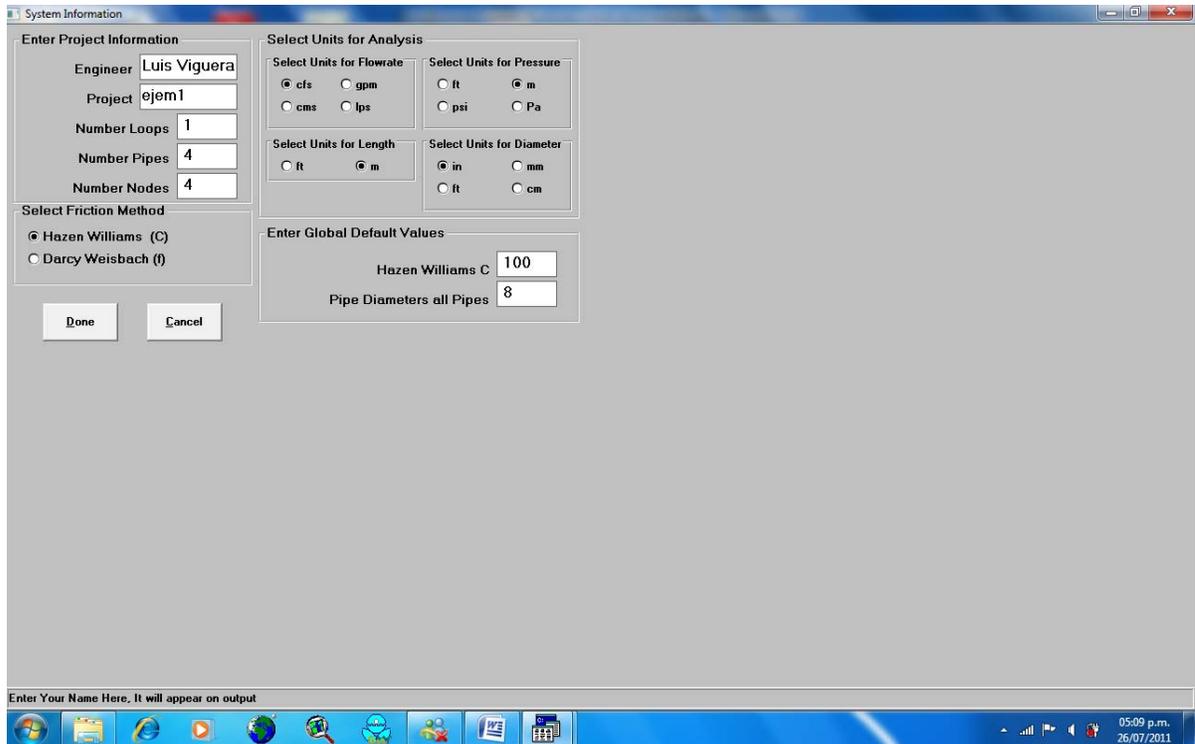
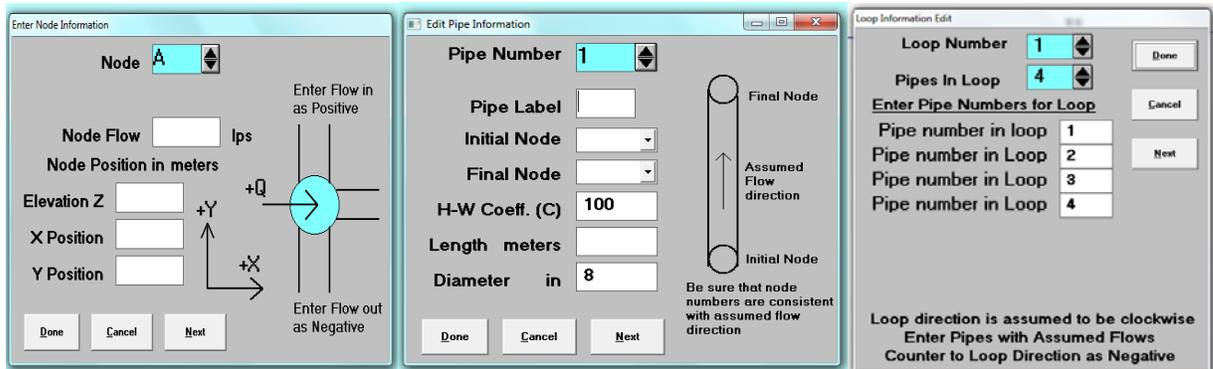




Una vez ingresados los datos del proyecto se clikea la tecla DONE, para salir de la pantalla y pasar a la pantalla principal para proceder a ingresar los datos del circuito.

Se clicla en el menú EDIT y se selecciona la instrucción REFERENCE HEAD. En esta ventana se asigna al nodo principal, el valor de la cota piezométrica.

En la siguiente ventana se asignan el número de circuitos, número de tuberías en el circuito



1)

Loop Information Edit

Loop Number Done

Pipes In Loop Cancel

Enter Pipe Numbers for Loop

Pipe number in loop

Pipe number in Loop Next

Pipe number in Loop

Pipe number in Loop

Loop direction is assumed to be clockwise
Enter Pipes with Assumed Flows
Counter to Loop Direction as Negative

2)

Enter Reference Head

Reference Node Done

Pressure Head at Node in meters Cancel

Enter Node Information

Node Done

Node Flow cfs

Node Position in meters

Elevation Z +Y

X Position

Y Position +X

Enter Flow in as Positive

Enter Flow out as Negative

Done Cancel Next

Enter Node Information

Node Done

Node Flow cfs

Node Position in meters

Elevation Z +Y

X Position +X

Y Position +X

Enter Flow in as Positive

Enter Flow out as Negative

Done Cancel Next

Enter Node Information

Node Done

Node Flow cfs

Node Position in meters

Elevation Z +Y

X Position +X

Y Position

Enter Flow in as Positive

Enter Flow out as Negative

Done Cancel Next

Enter Node Information

Node Done

Node Flow cfs

Node Position in meters

Elevation Z +Y

X Position

Y Position

Enter Flow in as Positive

Enter Flow out as Negative

Done Cancel Next



The "Interactive Node Design" window displays a table with the following data:

#	Node	X	Y	Elevation	Flow	Pressure	Head
1	A	0.0	140.0	10.0	67.50000	20.00000	30.00000
2	B	150.0	145.0	10.0	-15.00000	564.66040	554.66040
3	C	150.0	0.0	10.0	-20.00000	730.84280	720.84280
4	D	0.0	0.0	10.0	-32.50000	717.62820	707.62820

Below the table, there are two buttons: "Done" (with a lightbulb icon) and "Calc" (with a calculator icon). To the right of these buttons is a label "Length in meters".

TABLA DE CALCULO PARA RED DE DISTRIBUCIÓN

Localidad: _____		Municipio: _____		Hoja N°: _____													
Estado: _____		Revisó: _____		Fecha: _____													
Circuito	Tramo	Longitud	Gasto	Díam	Hf	H/Q	Corrección	Q ₁	H ₁	H ₁ /Q ₁	Corrección	Q ₂	H ₂	H ₂	Cotas	Carga	
Propio	Común	m	lps	Pulg	m			lps	m			lps	m	Comp	Piez	Teren	Disponible
I		400	58.8	12	0.805	0.013	3.3010	62.101	0.898	0.014							
		600	17.64	8	0.948	0.053	3.3010-	19.156	1.116	0.058							
					6	7	1.7846-	4	3	3							
					1.782		1.5164		2.015								
					3				1								
		600	-41.16	10	1.565	0.038	3.3010	37.859	1.324								
					4	0		0	4								
		400	-33.52	8	1.121	0.047	3.3010	20.219	0.829								
					9	7		0	1								
					2.687	0.153			2.153								
					3	1			5								
		400	29.4	10	0.532	0.018	1.7846	31.184	0.599								
					4	1		6	0								
		600	17.64	8	0.947	0.053	1.7846	19.424	1.147								
					3	7		6	8								
					1.479				1.746								
					7				8								
II		600	-17.64	8	0.947	0.053	1.7846-	19.156	1.116								
					3	7	3.3010-	4	3								
					0	9	-1.5164		9								
		400	-11.76	6	1.316	0.111	1.7846	-9.9754	0.946								
					2.263	0.237			2.063								
					3	4			2								

Tabla 2.7.- Tabla de cálculo para Loops.

CAPITULO 3 LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) Y SU APLICACIÓN.

3.1.- ¿Qué es un SIG?

Un sistema de información geográfica es un conjunto de elementos ordenadamente relacionados entre sí de acuerdo a ciertas reglas. Sus principales componentes son: contenido, equipo básico, equipo lógico, administrador y usuarios.

En un SIG se usan herramientas de gran capacidad de procesamiento gráfico y alfanumérico, estas herramientas van dotadas de procedimientos y aplicaciones para captura, almacenamiento, análisis y visualización de la información georreferenciada. La mayor utilidad de un sistema de información geográfico está íntimamente relacionada con la capacidad que posee éste de construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales, esto se logra aplicando una serie de procedimientos específicos que generan aún más información para el análisis. La construcción de modelos de simulación como se llaman, se convierte en una valiosa herramienta para analizar fenómenos que tengan relación con tendencias y así poder lograr establecer los diferentes factores influyentes.

Los SIG, aunque den la impresión de ser aplicaciones meramente prácticas, basadas en un programa concreto, trabajan con una metodología propia y poseen un núcleo teórico importante en el que se combinan conceptos de diferentes disciplinas (topología, estadística espacial, geometría computacional,...).

3.2.- Componentes de un SIG.

Una forma de entender el sistema SIG es como formado por una serie de subsistemas, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares. Es habitual citar tres subsistemas fundamentales:

- Subsistema de datos. Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
- Subsistema de visualización y creación cartográfica. Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.
- Subsistema de análisis. Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

La figura 3.1 muestra el esquema de estos tres subsistemas y su relación.

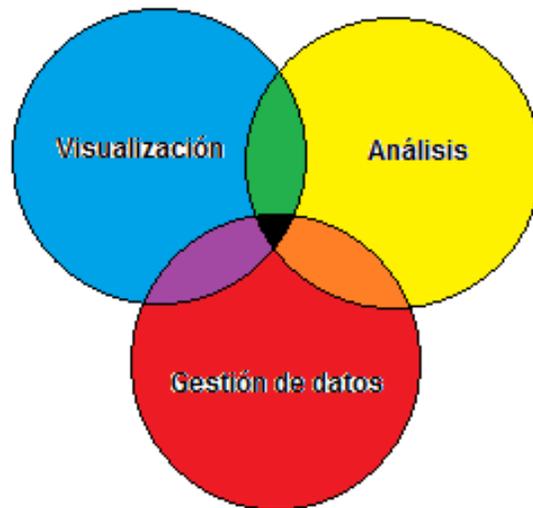


Fig. 3.1.- Esquema de un SIG con sus tres subsistemas fundamentales: datos, visualización y análisis.

Para que un SIG pueda considerarse una herramienta útil y válida con carácter general, debe incorporar estos tres subsistemas en cierta medida.

Otra forma distinta de ver el sistema SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen. Cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este aspecto (Figura 3.2):

- Datos. Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- Métodos. Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- Software. Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- Hardware. El equipo necesario para ejecutar el software.
- Personas. Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

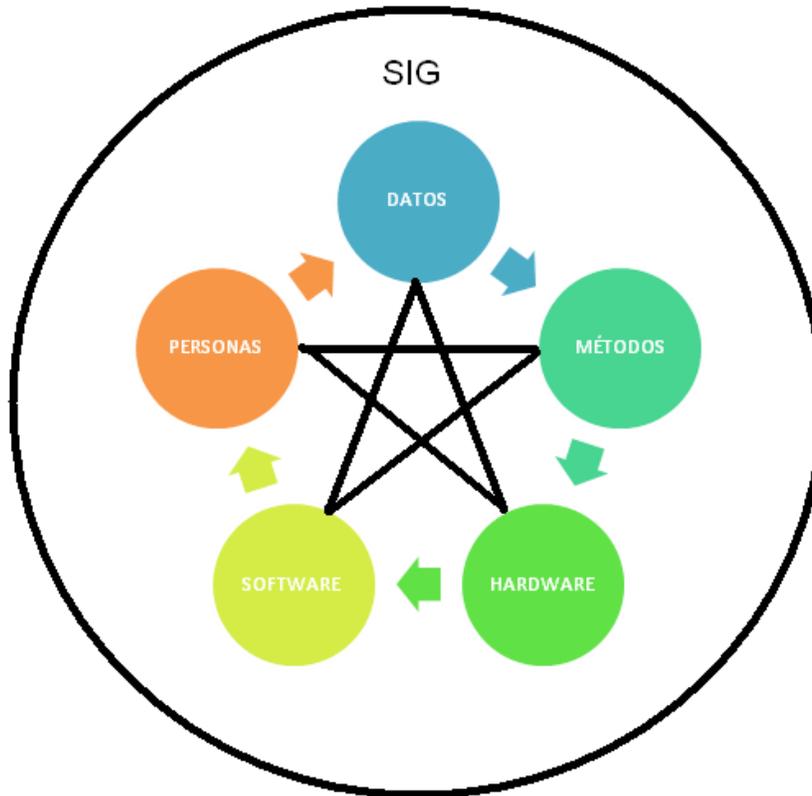


Fig. 3.2.- Elementos que forman el sistema SIG.

3.3.- Los datos (espaciales) en los SIG: su obtención y almacenamiento.

Los datos espaciales o geodatos presentan dos tipos de propiedades: las geométricas y las descriptivas. Estas propiedades son las que les proporcionan su utilidad, constituyendo así el núcleo de los sistemas de información geográfica. Las características de estas propiedades son las siguientes:

- ***Propiedades geométricas:*** todos los geodatos están estrechamente vinculados con un lugar, lo que se reconoce con el término de “georreferenciación”. Esta vinculación se realiza mediante coordenadas que definen la localización de puntos (que pueden representar empresas, edificios, etc.), líneas (carreteras, líneas férreas, ríos, canales, etc.) o áreas (polígonos industriales, espacios naturales, municipios, etc.), realizándose la referencia a un lugar mediante el uso del nombre de lo que se representa. Así pues, en lugar, la forma y la extensión forman uno de los pilares de la información que proporcionan los geodatos.
- ***Propiedades descriptivas:*** los geodatos, además de sus propiedades geométricas, contienen las características de lo que representan (número de trabajadores o productividad de una empresa, distribución de la población de un municipio, tipo y extensión de los usos del suelo de un

territorio, capacidad de un canal, etc.), constituyendo el segundo pilar de la información asociada a los mismos. Estas características pueden ser muy diversas, y van desde simples valores numéricos, a documentos gráficos en formatos multimedia.

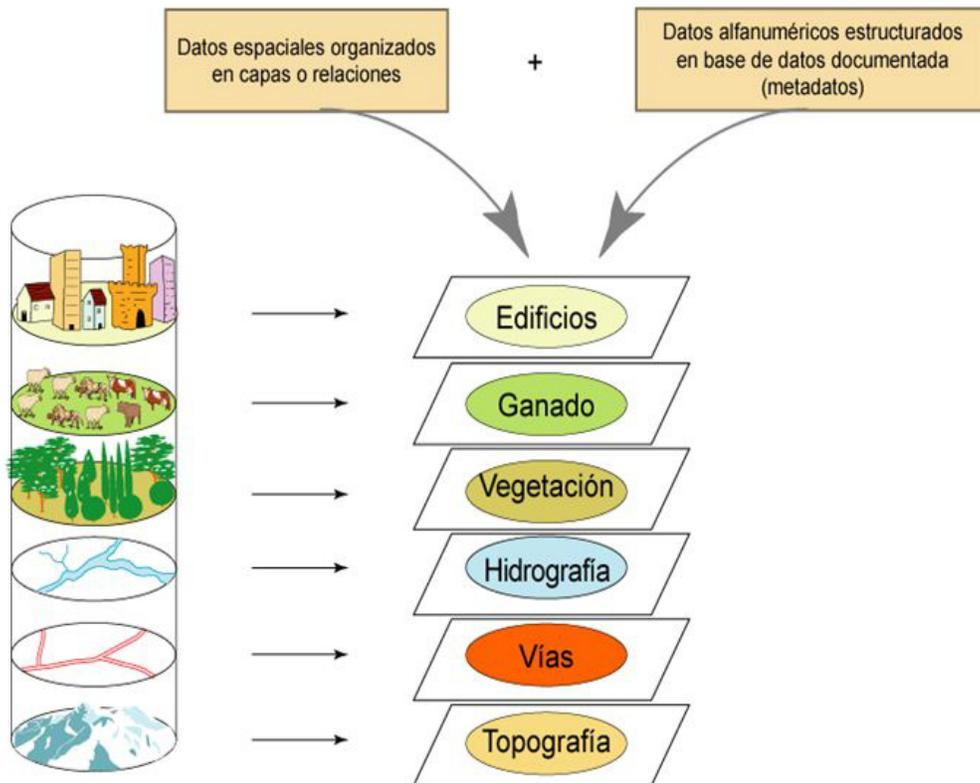


Fig. 3.3.- Los datos.

La obtención de los geodatos es el primer trabajo que se debe realizar al establecer un Sistema de Información Geográfica, siendo el que más tiempo requiere. Las fuentes de información pueden ser muy diversas, como planos ya existentes en soporte papel, información estadística, censos, catastro, inventarios naturales, culturales o turísticos, etc. Asimismo, también pueden obtenerse geodatos a partir de la reutilización de la información generada en la realización de cualquier proyecto de ámbito territorial (carreteras, canales, transformaciones en riego, etc.). De esta forma y a partir de un proceso de depuración, digitalización y georreferenciación de la información obtenida se pueden obtener geodatos básicos de un territorio.

No obstante, cuando se pretenden realizar análisis territoriales de cara a la toma de decisiones sobre el desarrollo de una zona se requiere contar con información más específica que es necesario generar, dado que normalmente no se encuentra disponible. Para ello, se debe recurrir a modernas tecnologías capaces de

obtener nuevos geodatos que sean fácilmente importados a un Sistema de Información Geográfica. Estas tecnologías son las siguientes:

- *La teledetección:* esta tecnología permite el estudio de imágenes de satélite con el fin de obtener datos espaciales sobre un determinado territorio. De esta forma se pueden generar mapas de uso del suelo, obtener modelos digitales del terreno, detectar el estado de conservación de zonas de gran valor natural, etc. (estudios espacio-temporales: recuperación de masas forestales, evoluciones de los cultivos, o de erosión de suelos)
- *Los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS en abreviatura inglesa):* estos sistemas permiten la localización rápida y precisa de cualquier lugar o fenómeno de la superficie de la tierra. Entre otras aplicaciones son utilizados para georeferenciar los objetos que se encuentran en un territorio, ya sean puntuales (industrias, granjas, monumentos, árboles singulares, etc.), lineales (redes de caminos o senderos de interés agrícola o turístico, redes de distribución de agua o energía, etc.), o superficies (zonas de interés natural, polígonos industriales, polígonos ganaderos, etc.).

Una vez obtenidos, los geodatos se almacenan en capas temáticas (representación gráfica de la información en forma de mapas). De esta forma, y gracias a la georeferenciación, es posible combinar los distintos geodatos temáticos para crear mapas de conjunto de varios temas en un sistema de capas. Asimismo, las técnicas de bases de datos, además del almacenamiento de la información, permiten llevar a cabo consultas sobre los geodatos basándose en su geometría o en su información descriptiva (localización de actividades ganaderas en función de su tamaño, de empresas con un determinado número de trabajadores, de tramos de ríos que se encuentran en zonas protegidas, etc.).

3.4.- El análisis de los geodatos.

La característica más valiosa de los Sistemas de Información Geográfica es su capacidad de análisis de datos espaciales. Esta capacidad ha convertido a los SIG en la única herramienta capaz de generar la información necesaria para apoyar con garantías la toma de decisiones relativas al territorio. Así, algunos de los métodos de análisis y procesando de geodatos más importantes son los siguientes:

- *Análisis de diversificación y soporte de decisión espacial:* mediante este análisis se pueden establecer criterios de inclusión o exclusión de áreas en función de unos determinados criterios de selección (topografía, usos del suelo, fragilidad del ecosistema, distancias a núcleos de población y vías de transporte, distancias a líneas de abastecimiento de agua y energía, etc.). De esta forma se pueden obtener las zonas de un territorio que cumplen unos determinados requisitos, pudiéndose cuantificar el grado de

adaptación a dichos condicionantes. Esta funcionalidad es de gran importancia en un territorio, ya que mediante la misma se pueden tomar decisiones que afectan directamente al desarrollo socio-económico de sus habitantes. Algunas de sus aplicaciones pueden ser las siguientes:

- Determinación de la ubicación óptima de una actividad económica (industrias, parques eólicos, granjas, etc.), considerando criterios técnicos (necesidades de la actividad), medioambientales (minimización de su impacto ambiental), y socio-económicos (distancias a potenciales clientes, a los proveedores, a la competencia, etc.) entre otros.
- Localización de zonas de menor impacto ambiental para la localización de servicios comunitarios (vertederos de basura, estaciones depuradoras de aguas residuales, etc.).
- Localización de zonas con problemas estructurales motivados por la carencia de servicios públicos (sanidad, enseñanza, etc.) o/y la existencia de infraestructuras de servicio y comunicación deficientes. Teniendo en cuenta la distribución espacial de todos estos factores se puede, no solo localizar, sino también cuantificar el impacto de estos problemas sobre la población de una determinada zona.
- *Análisis de redes*: estas técnicas trabajan con redes de líneas unidas entre sí, como pueden ser redes de carreteras, caminos o senderos, redes de distribución de agua o energía eléctrica, etc. Mediante esta utilidad, y teniendo en cuenta otros factores como la topografía, se pueden realizar cálculos muy diversos que pueden tener valor en sí mismos, o como complemento a otros análisis. Algunos ejemplos son los siguientes:
 - Análisis de las vías de comunicación de una población y su término municipal para evaluar el impacto económico que tendría su mejora sobre las actividades económicas que se desarrollan en la misma.
 - Determinación del trazado de una nueva carretera o camino que minimice el tiempo necesario para realizar un trayecto, teniendo en cuenta consideraciones medioambientales y económicas.
 - Localización de “cuellos de botella” en las redes de distribución de agua y energía eléctrica.
 - Determinación de las rutas óptimas a seguir por los servicios públicos (transporte urbano e interurbano, sanitarios, bomberos, etc.) teniendo en cuenta las características de las vías de comunicación y la topografía.

- Determinación de zonas dónde puedan existir molestias generadas por el ruido generado por el tráfico, o por algún otro tipo de actividad.
- *Análisis de superficies*: entiende la interpretación y/o la interpolación de los fenómenos continuos de la tierra como la topografía (modelos digitales de terreno), los fenómenos climáticos (precipitación, temperatura, viento...), etc.
 - Modelos digitales de terreno: visualizan el terreno de forma tridimensional y forman parte de muchos métodos de análisis (trazado óptimo de carreteras o redes de distribución -agua, electricidad, gas, etc.-, detección de zonas de riesgos de erosión o inundación, análisis de visibilidad de infraestructuras para minimizar su impacto visual, análisis de visibilidad entre antenas de telecomunicaciones, etc.
 - Datos de viento, lluvia o temperatura pueden ser interpolados y visualizados en tres dimensiones, o sirviendo de información básica para otros tipos de análisis (localización de parques eólicos, de cultivos, de actividades turísticas, etc.).
 - Identificación de zonas cubiertas por infraestructuras de telecomunicaciones móviles, etc.
- *Análisis económicos territoriales (Business Geographics o Geomarketing)*: mediante este tipo de análisis se pueden determinar las características de la economía productiva de un territorio (distribución de actividades económicas y de la población, áreas de influencia, comunicaciones, servicios, etc.), así como sus potencialidades y debilidades. De esta forma se pueden elaborar planes estratégicos para la mejora del tejido productivo del territorio, así como para asesorar la realización de nuevas inversiones. Sus aplicaciones pueden ser las siguientes:
 - Análisis de las áreas de influencia y accesibilidad de las empresas.
 - Análisis de la estructura de la población en las cercanías de las empresas.
 - Presentación espacial de la situación competitiva de una empresa, mostrando el poder adquisitivo por áreas, redes de transporte, identificación de zonas no cubiertas por determinados productos, etc.
- *Análisis de seguimiento y monitoreo (monitoring)*: este tipo de análisis permiten la detección de cambios en la evolución de un territorio o de la actividad desarrollada en él a corto, medio y largo plazo (por el empleo de series históricas de datos). Entre las aplicaciones más importantes se

pueden indicar las siguientes:

- Monitoreo de la superficie cultivada dentro de una determinada zona, distinguiendo entre cultivos, así como de sus necesidades hídricas y de su eficiencia en el uso del agua en el caso de zonas de riego.
 - Monitoreo de la masa arbórea, de la combinación de especies, y de actividades de repoblación.
 - Monitoreo de la despoblación de las zonas rurales y análisis de las causas que estén vinculadas con el terreno (aislamiento por la orografía, distancias a centros comerciales y servicios básicos, etc.).
 - Simulación de la evolución de actividades territoriales mediante la incorporación de modelos de simulación. (efectos demográficos de la implantación de nuevas empresas o infraestructuras, demandas de agua de una zona regable, etc.).
- *Análisis de situaciones de emergencia (incendios forestales, inundaciones, etc.):* almacenamiento de datos sobre el terreno mediante un SIG, creación de planos específicos, desarrollo de secuencias de análisis para el apoyo a la toma de decisiones en tiempo real, etc.

3.5.- Visualización de los datos espaciales.

La visualización de los datos espaciales así como los resultados de sus análisis se puede realizar tanto de forma estática como dinámica. La presentación estática se realizaría en forma de mapas, tablas o gráficas, dentro de informes o documentos cartográficos, mientras que la visualización dinámica, sobre soporte digital, permite al usuario personalizar la forma de representar la información contenida en un SIG.

En efecto, mediante aplicaciones informáticas específicas se pueden realizar diferentes composiciones de la información cartográfica, además de realizar consultas y resúmenes de la información alfanumérica asociada a la misma.

Sin embargo, una nueva forma de visualización dinámica a través de Internet está suponiendo una auténtica revolución a la hora de poner a disposición de los usuarios la información contenida en un SIG. Esta nueva tecnología, denominada en terminología inglesa Internet Web Mapping, permite almacenar, mantener, visualizar, incluso realizar análisis de geodatos, directamente en web. Esto supone la capacidad de distribuir la información de un SIG de manera simultánea e interactiva tanto dentro de una organización como a todos los usuarios de Internet. Administraciones Públicas y empresas ya están empezando a utilizar las capacidades que ofrece esta tecnología para mejorar su calidad de servicio y su

productividad.

3.6.- Las aplicaciones de los SIG.

El desarrollo socio-económico de una región está estrechamente vinculado con la gestión y potenciación de su territorio. Esto es debido a que todas las actividades económicas utilizan el territorio para su desarrollo, bien directamente, como la agricultura o la silvicultura, o bien a través de infraestructuras como carreteras, redes de distribución de energía o de agua, etc., las cuales constituyen los pilares económicos de nuestra sociedad. Asimismo, el medio natural representa una de las principales fuentes de riqueza de un territorio, por lo que su adecuada gestión y su protección son fundamentales para asegurar la calidad de vida y el desarrollo de sus habitantes.

Para realizar la gestión del territorio es necesario definir la localización y las características de las cosas del mundo que nos rodea, de manera que se pueda ver, interpretar y analizar la complejidad de nuestro medio natural y humano. De esta forma podremos generar la información que nos permita tomar decisiones para realizar un uso inteligente de los recursos naturales, así como para optimizar la planificación y la gestión de las actividades económicas, contribuyendo así al desarrollo de nuestra sociedad.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG, o GIS en abreviatura inglesa) son las herramientas que se han desarrollado mundialmente para llevar a cabo estas tareas. Estos sistemas son un conjunto de datos (descriptivos y georreferenciados), de métodos de análisis, y de aplicaciones informáticas que permiten gestionar y suministrar información sobre un soporte cartográfico (mapas, planos, etc.). Así, las funcionalidades de los SIG consisten en la captura, el almacenamiento, el análisis (incluidas la gestión y la modelización) y la visualización de datos georreferenciados.

Las ventajas que ofrecen los SIG para la gestión del territorio se basan en su capacidad de integrar gran cantidad de información de diversas fuentes, permitiendo su consulta y análisis de forma rápida y directa, optimizando.

Gracias a estas capacidades los SIG se han convertido en herramientas indispensables para muchos sectores de actividad tanto públicos como privados. Estos son algunos ejemplos de aplicaciones de los SIG que se están realizando en la actualidad:

- Planificación hidrológica: gestión del agua en comunidades de regantes, gestión de redes de distribución de agua tanto urbana como agrícola, estudios hidrológicos de cuencas fluviales, modelización hidrológica, análisis de riesgos...

- *Agricultura*: gestión territorial mediante coberturas digitales del parcelario rústico, aplicación precisa de fitosanitarios y fertilizantes mediante el uso conjunto de los SIG y los sistemas de posicionamiento global (GPS) en explotaciones agrarias...
- *Geografía empresarial*: investigación de mercados y determinación de la localización óptima de nuevas empresas mediante el análisis de la distribución y características de la población, infraestructuras de comunicación...
- *Protección del medio ambiente*: creación de mapas temáticos del medio natural y seguimiento de su estado de conservación, modelización de variables ambientales...
- *Ordenación territorial*: elaboración de mapas de usos del suelo mediante el uso combinado de los SIG e imágenes de satélite para la planificación del territorio.
- *Administración regional*: asistencia a la planificación de políticas territoriales mediante el uso de información sobre la localización y distribución de las actividades económicas (industrias, explotaciones agropecuarias, empresas de servicios, etc.), de los servicios públicos (asistencia sanitaria, educación, servicios administrativos, etc.), de las infraestructuras, y de los recursos naturales y culturales.
- *Administración local*: asistencia a la planificación de la ordenación urbana, la gestión de infraestructuras (redes de tuberías de distribución de agua, energía, alcantarillado, etc.), gestión del tráfico, medio ambiente urbano (ruidos, olores, contaminación urbana, etc.)...
- *Catastro*: elaboración de catastros más precisos mediante el uso de imágenes de satélite de alta resolución y utilidades de los SIG.
- *Logística*: gestión de flotas de distribución de paquetería y seguimiento en tiempo real de la situación de mercancías.
- *Planes de emergencia*: elaboración en tiempo real de mapas de actuación en caso de incendios forestales, inundaciones, o cualquier otro tipo de contingencias.
- *Estudios sociodemográficos*: determinación de la estructura de la población de un barrio para prever la evolución de las necesidades de ciertos equipamientos (hospitales, colegios, equipamientos deportivos, etc.), determinación de zonas susceptibles de ser afectadas por ciertas enfermedades, estudios orientados a fines electorales...

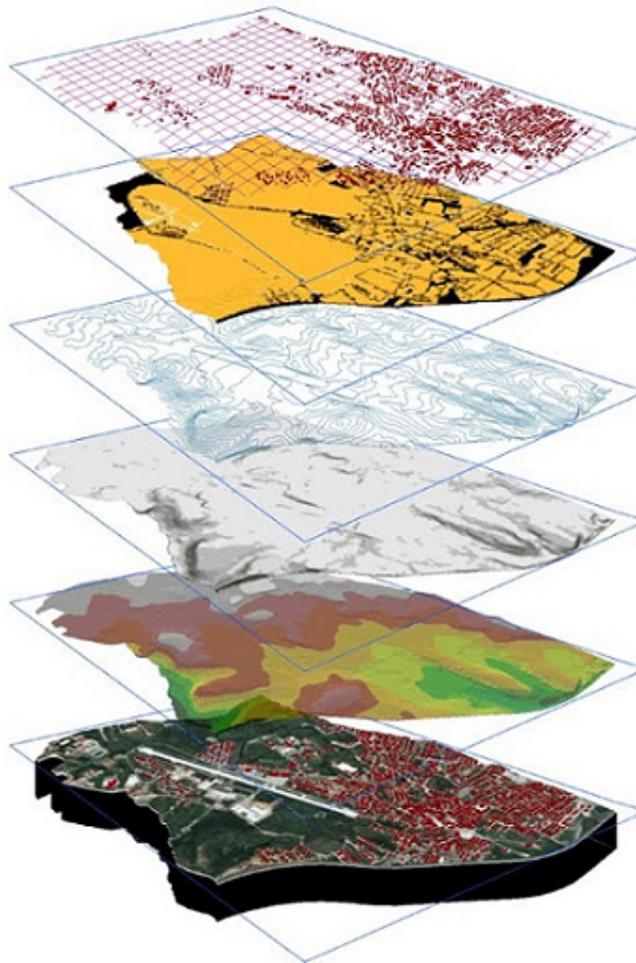


Fig. 3.4.- Aplicación de un SIG.

CAPITULO 4.- APLICACIÓN DEL SIG A LA PROBLEMÁTICA EN ESTUDIO.

Como se menciona en el capítulo anterior los Sistemas de Información Geográfica tienen muchas aplicaciones, para distintas disciplinas entre ellas la ingeniería civil. En este caso se aplicará un SIG para identificar la problemática que presenta la ciudad de León Guanajuato donde se mostrarán algunos de los alcances de esta tecnología y la importancia que tienen estos sistemas para hacer más eficiente la localización de los problemas del suministro de agua potable y así proporcionar una gran cantidad de información de estos para que puedan ser atendidos y resueltos de una manera pronta y eficaz, además de poder prevenir con tiempo situaciones futuras que afecten a esta ciudad en constante crecimiento.

La finalidad de emplear este método para identificar dicha problemática es tener una herramienta útil y que permita una rápida administración de la información que tiene que ver con el suministro de agua potable para tratar de atender las necesidades de la población con respecto al tema del agua, a continuación se muestra el resultado de emplear un SIG, además los beneficios que se obtienen de estos así como la identificación de la problemática en estudio en este.

En este SIG se ingresó la información geográfica, estadística, infraestructura hidráulica e información relacionada con esta, de León Guanajuato y se mostrará su aplicación, el software utilizado en este proyecto es ArcView GIS 3.2, este es un programa de sistemas de información geográfica creado por ESRI (Environmental Systems Research Institute), y que tiene una gran capacidad para visualizar, consultar y analizar datos de forma espacial, además ofrece la posibilidad de emplear datos almacenados en formatos de otros SIG o programas CAD, y añadir datos desde ficheros de bases de datos o creados por uno mismo.

A continuación se hará una breve descripción de cómo se creó el SIG que se elaboró en este trabajo, además se adjuntará a los apartados algunos pasos que se llevan a cabo para el ingreso de los datos al sistema de información geográfica.

¿Cómo crear un nuevo proyecto?

Para abrir un nuevo proyecto se enciende el programa ArcView 3.2 y se abrirá la siguiente ventana:

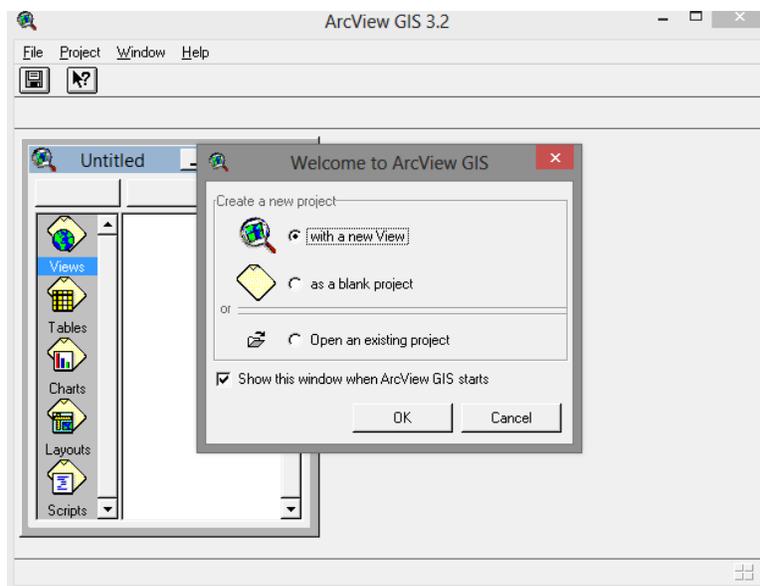


Fig. 4.1.- Inicio de ArcView.

En esta ventana se seleccionara la opción **as a blank project** y se abrirá una ventana en blanco (ver figura 4.2) donde se generara una nueva vista haciendo clic en **new** o dando doble clic en la opción **view** y se abrirá la ventana mostrada en la figura 4.3.

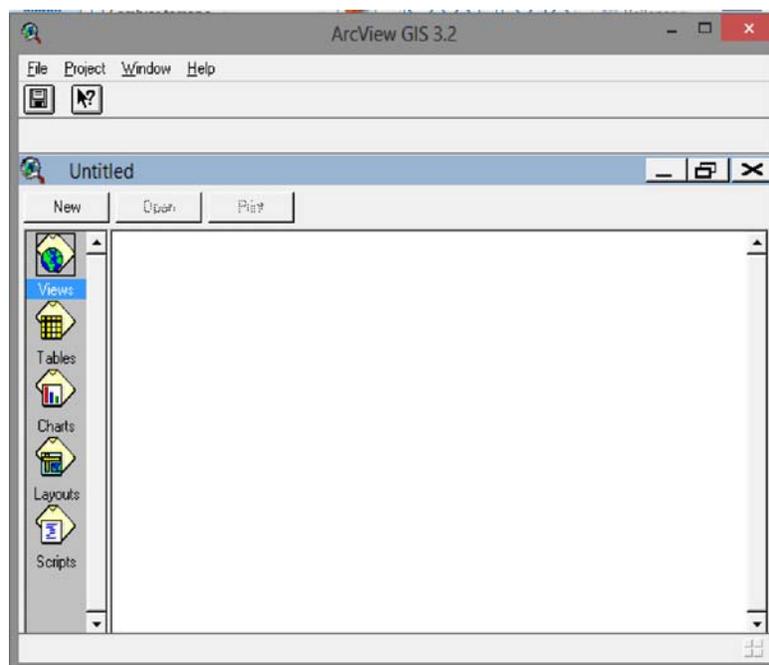


Fig. 4.2.- Creación de una vista.

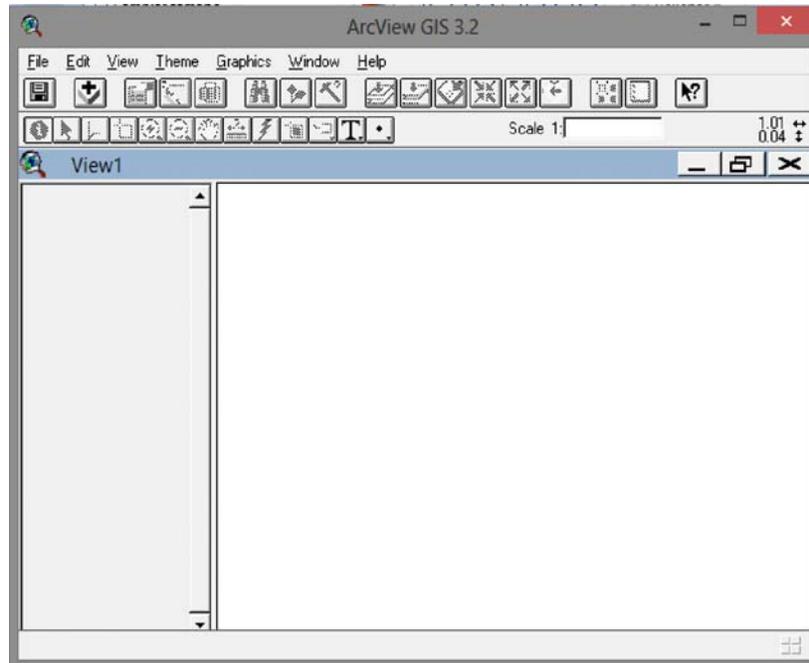


Fig. 4.3.- Nueva vista.

Esta es la base para crear un nuevo sistema donde se ingresaran todos los datos necesarios para que sea útil nuestro sistema.

En este caso se tuvieron que agregar distintas capas (llamadas shapes y extensión .shp) elaboradas por el INEGI, así como la traza de la ciudad, el inconveniente que se tuvo con la traza es fue obtenida de un plano hecho en autocad, por lo que se mostrara como ingresar dichos shapes y archivos dwg.

Para ingresar una capa en formato shape (.shp) se procede a activar en nuestra vista la herramienta **view/add theme** y se abrirá la ventana de la figura 4.4 donde se seleccionara el fichero donde tenemos guardado dicho archivo y lo seleccionamos, después se oprime la opción **ok**.

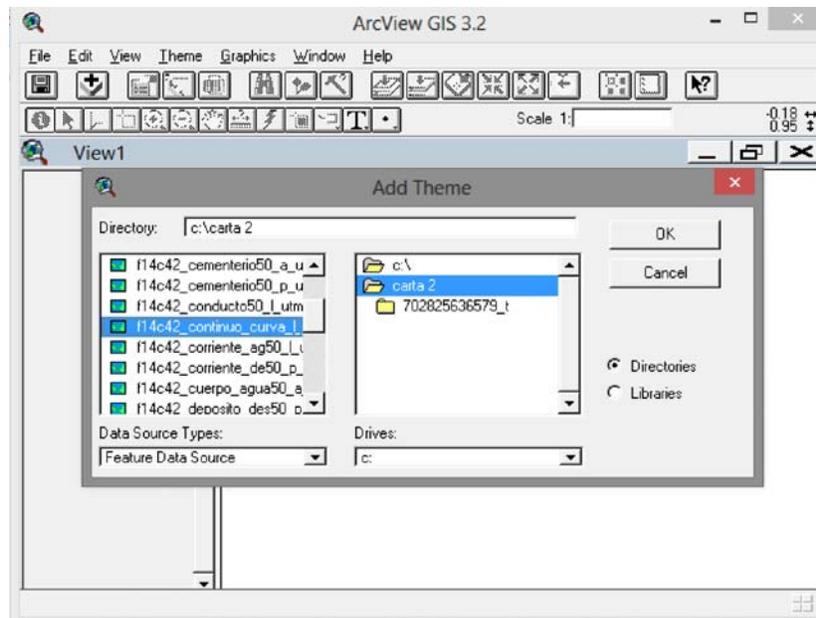


Fig. 4.4.- Ingreso de un shape file.

El resultado de la operación es la adición de una capa que se prende y se apaga seleccionando la casilla con un clic, al estar encendida dicha capa aparece palomeada. Ver figura 4.5.

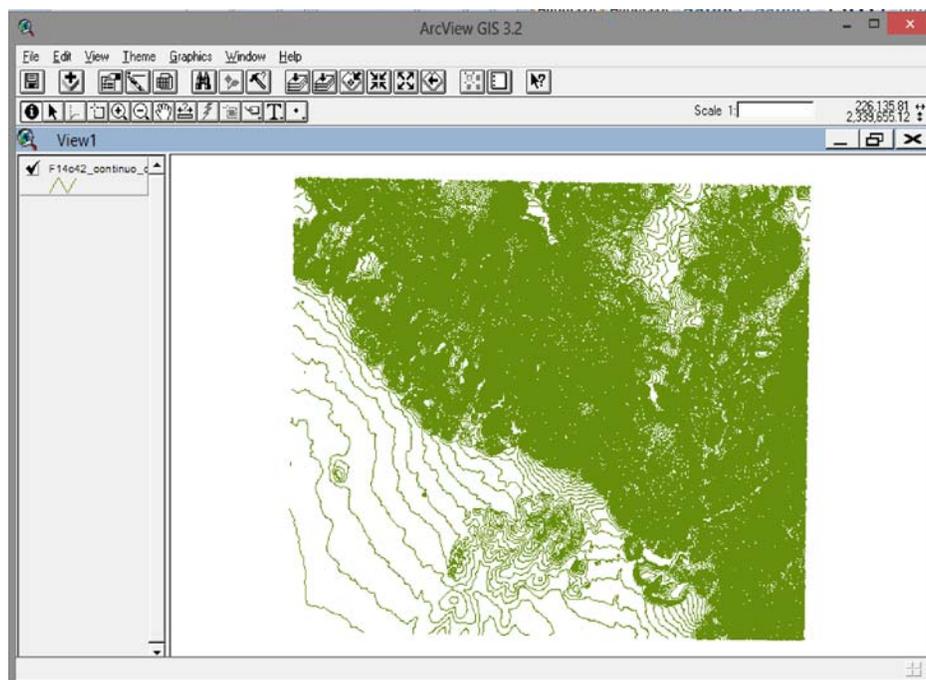


Fig. 4.5.- Capa

Para ingresar datos en formato .dwg y poderlos utilizar como shapes es necesario que en autocad se guarde una copia del plano pero en formato .dxf, cambiando la extensión a la hora de guardar dicho archivo, esto se hace para poder visualizar estos datos en ArcView, después se procede a añadir los datos con extensión .dxf de la misma manera con la que ingresamos la capa anterior (ver figura 4.7). Para esto se debe activar una extensión de este software dando clic en **file/extensions** y activaremos la casilla con el nombre de **cadreader** como se muestra en la figura 4.6.

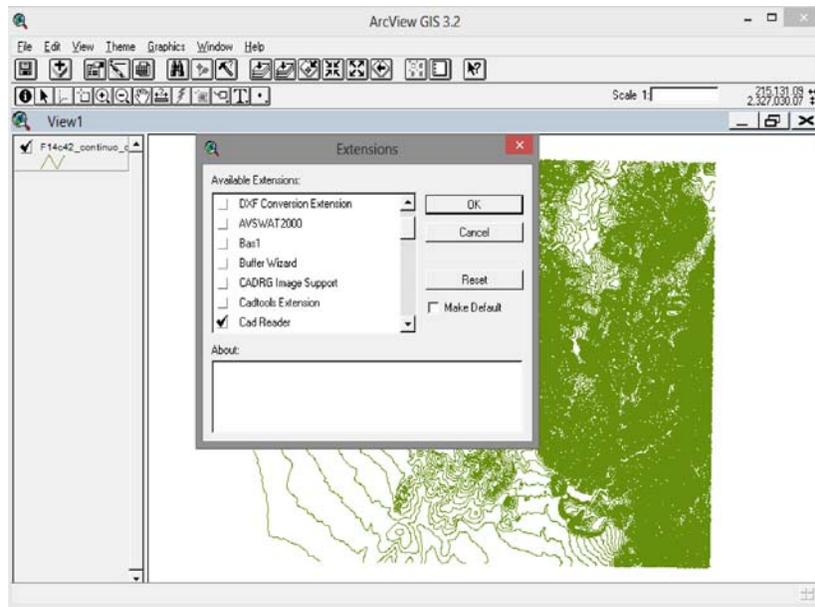


Fig. 4.6.- Extensión .dxf.

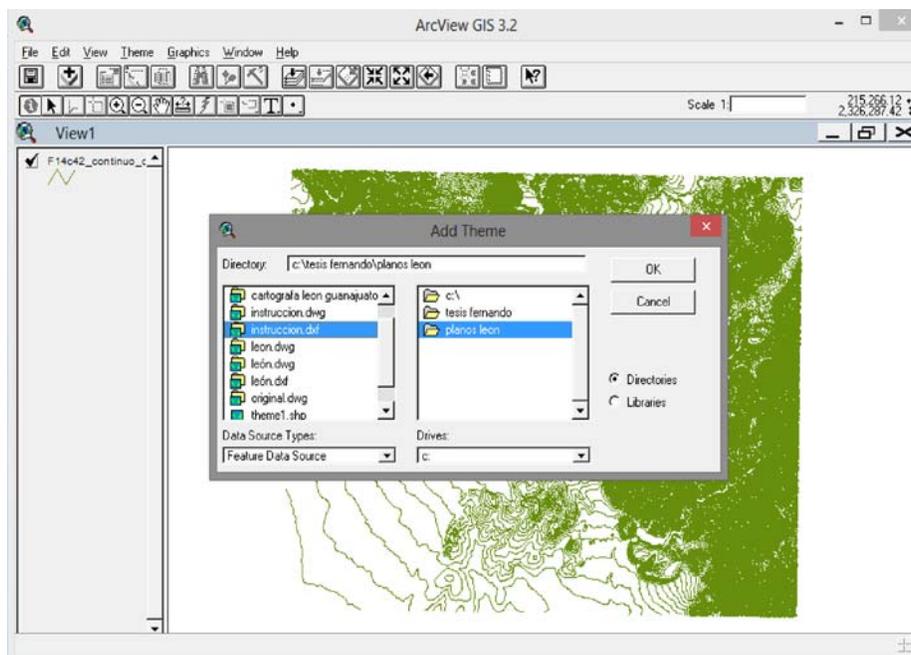


Fig. 4.7. Capa en formato .dxf.

Al tener estos datos en formato .dxf solo es posible visualizarlos pero no pueden ser modificados ni se puede trabajar con ellos por lo que fue necesario convertirlos en shapes, para esto es necesario activar la herramienta **theme/convert to shapfile** en esta ventana se va a guardar el archivo convertido a shape, es necesario que este archivo sea guardado en la misma carpeta donde se guardara el proyecto, ya que se tenga seleccionada la ubicación se le pone un nombre a esta capa y se selecciona **ok** (ver figura 4.8).

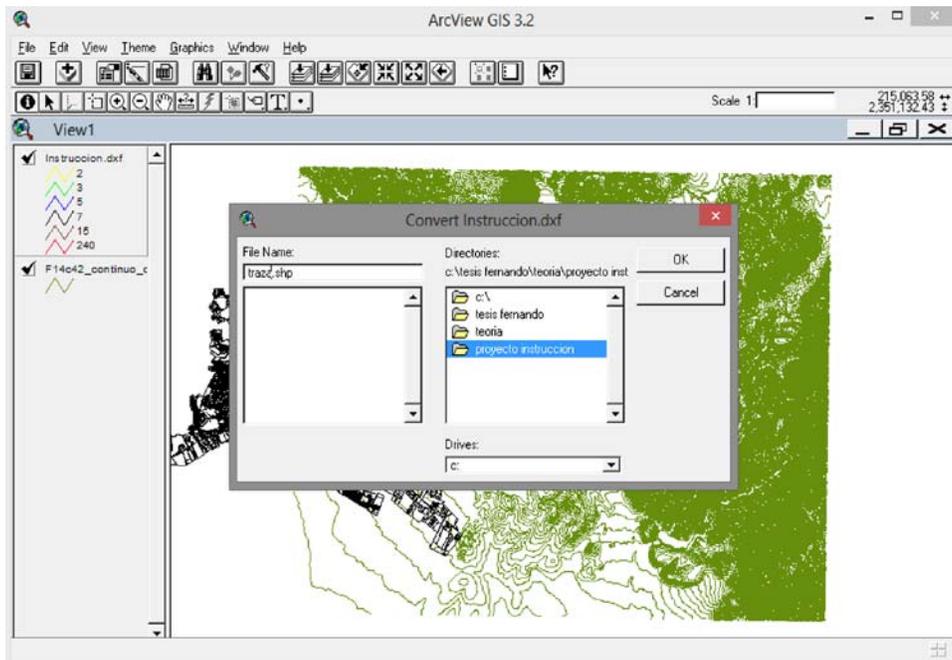


Fig. 4.8.- Conversión de dxf a shp.

Al terminar con esta operación nos preguntara que si queremos agregar la capa, si es así, se selecciona la opción **yes**. El resultado de esto se muestra en la siguiente figura, aquí la capa en dxf ya no es necesaria por lo que se eliminara de nuestra vista activándola con un clic y seleccionando la herramienta **Edith/delete themes**.

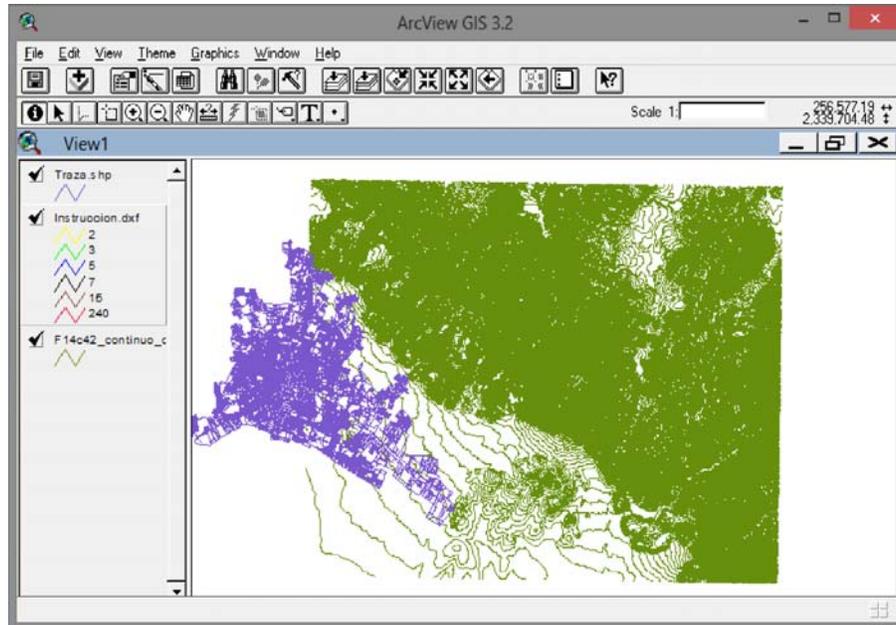


Fig. 4.9.- Resultado de la conversión a shape.

Este procedimiento se llevo a cabo para poder continuar con el ingreso de todos los datos obtenidos en la investigación que se realizó para poder identificar la problemática en estudio, en los apartados siguientes se anexaran algunos pasos para adicionar dichos datos.

4.1.- La población en León y su crecimiento urbano.

León actualmente tiene una población total de 1 454 793¹ habitantes, consta de 995 colonias regulares que se indican en el mapa 4.1. La ciudad se divide en 17² sectores urbanos que se muestran en el mapa 4.2.

La siguiente tabla muestra las poblaciones estimadas futuras hasta el año 2030 lo que es un indicador de que las actuales fuentes de abastecimiento no serán suficientes dentro de 17 años.

Tabla 4.1.- La población de León a futuro.

Grupos de Edad	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
0-14	454157	452034	44676	44167	44803	446673	447389	438493	438992	430642	433040	432071	430071	423838	422266	423756	421661	427810	422970	417033	410022
15-29	407735	410818	413249	414915	417887	416758	413488	417734	412155	415508	414177	413083	410058	408003	404882	401248	398899	395389	391853	380417	370433
30-44	315483	319655	32408	32514	32911	33786	33418	33679	33780	34001	34111	341223	342359	343459	344568	346711	347693	349413	341722	350822	350838
45-64	210417	218764	22531	23658	24835	25193	26565	27911	28193	29330	30250	30885	31269	32441	33337	34794	35721	36091	36856	37147	37202
65+	67002	69201	71626	74253	77093	80146	83420	86863	90653	94605	98769	103144	107107	112725	118486	124652	131299	138363	145496	152620	159703
TOTALES	1454793	147401	148490	150017	151787	152548	154780	155437	156353	157354	158448	159637	160922	162305	163788	165371	167055	168840	170727	172717	174810

FUENTE: Proyecciones de población del Consejo Nacional de Población.

Por lo tanto, debido a este incremento constante en la población la ciudad se satura por lo que tiende a crecer, según el IMPLAN (Instituto Municipal de Planeación) la ciudad crecerá hacia las zonas que se muestran en color azul oscuro en el mapa 4.3, estas zonas son las que están destinadas para la expansión de la ciudad, el problema aquí es que la ciudad no solo crecerá a las zonas planeadas si no que como en todas las grandes ciudades habrá población que se asiente en terrenos irregulares aumentando la problemática que se presenta con el suministro de agua ya que se vuelve más difícil hacerles llegar el líquido a esas partes de la ciudad.

¹ FUENTE: INEGI.

² FUENTE: Instituto municipal de planeación de León.

Los mapas fueron obtenidos del SIG realizado para este trabajo, de los mapas mencionados, en el sistema se obtienen datos como población de los sectores y que colonias pertenecen a cada sector para una fácil manera de localización de cualquier colonia de la que se necesite dicha información.

Para tener toda esta información en el sistema se tuvo que dibujar colonia por colonia y sector por sector, además de ingresar la información correspondiente a cada uno. A continuación se describirá la manera de dibujar polígonos en el sistema, y la inserción de los datos como su nombre por ejemplo.

Para dibujar una colonia es necesario crear un nuevo tema activando la herramienta **view/new theme** y se seleccionara la opción **polygon** y se pulsa **ok**. Como se agregara una nueva capa es necesario guardarla siguiendo el procedimiento antes descrito y se le asigna un nombre. Ver figura 4.10.

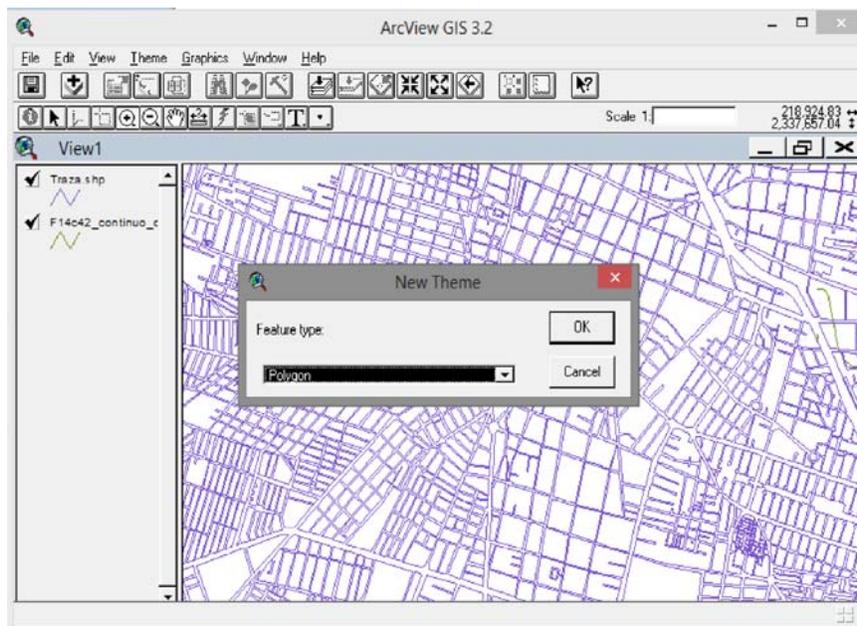


Fig. 4.10.- Creación de polígonos.

Para el trazo de un polígono se activara la tecla que tiene un rectángulo  y se seleccionara la forma que se quiere dibujar, y se comienza a dibujar la colonia quedando de la siguiente manera:

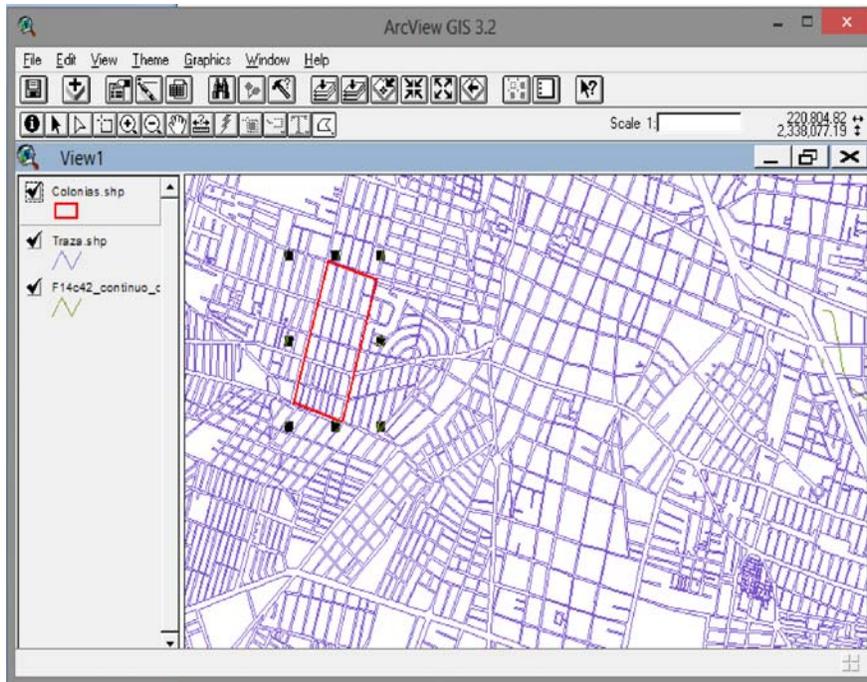


Fig. 4.11.- Trazo de un polígono.

Ahora se tienen que ingresar datos como su nombre, o en el caso de los sectores su población y su área, esto se lleva a cabo dando activando la capa de nuestro interés en este caso colonias y se da clic en icono de tabla  y se abrirá la ventana siguiente:

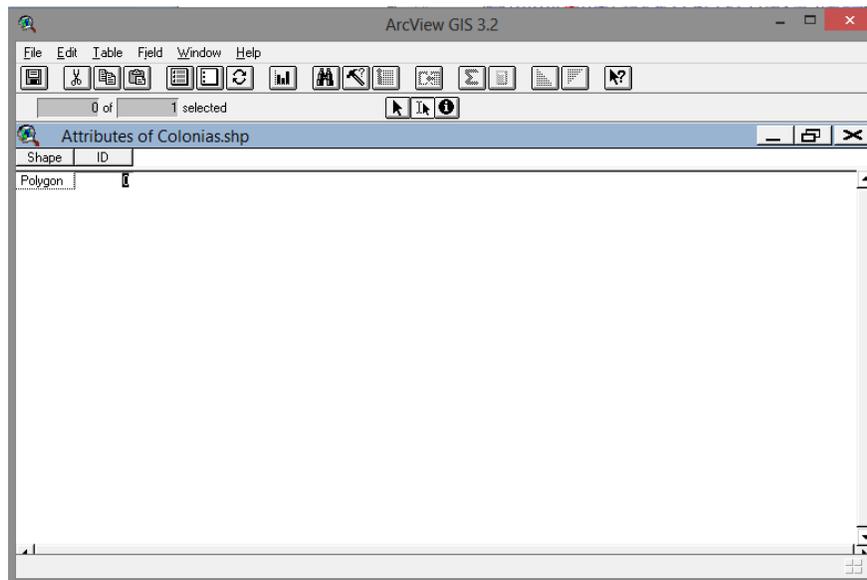


Fig. 4.12.- Tabla de datos.

En esta parte se deben ingresar los campos que se van a necesitar, en nuestro ejemplo se abrirá herramienta **edit/ add field** y se abrirá una ventana como en la figura 4.13 donde en name se le asignara el nombre del campo (colonias), en type el el tipo de datos que se ingresara (en este caso string que nos permite ingresar números y letras) y en width el numero de caracteres que necesitaremos y se pulsa **ok**.

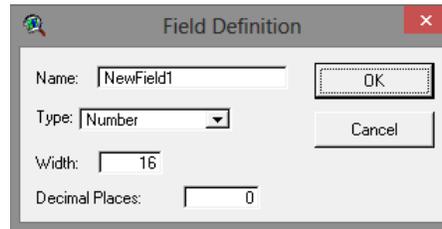


Fig. 4.13.- Formato de campos.

Después de lo anterior, para poder asignar el nombre de cada colonia es necesario dar clic en el icono  y se seleccionamos el campo, para poder colocar el nombre de la colonia, este procedimiento es el mismo para ingresar cualquier dato, solo tenemos que tomar en cuenta si serán números o letras. Ver figura 4.14.

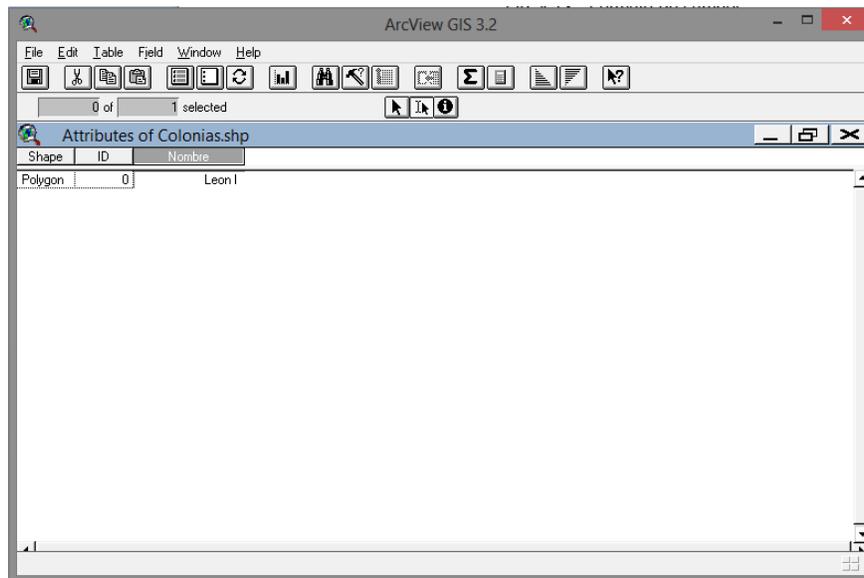


Fig. 4.14.- Ingreso de datos.

Después de esto al regresar a la vista donde están nuestras capas es posible obtener la información ingresada al activar el icono , al tenerlo seleccionado daremos clic en el polígono de nuestro interés proporcionándonos la información que ingresamos, en este caso nos da el nombre de la colonia (ver figura 4.15).

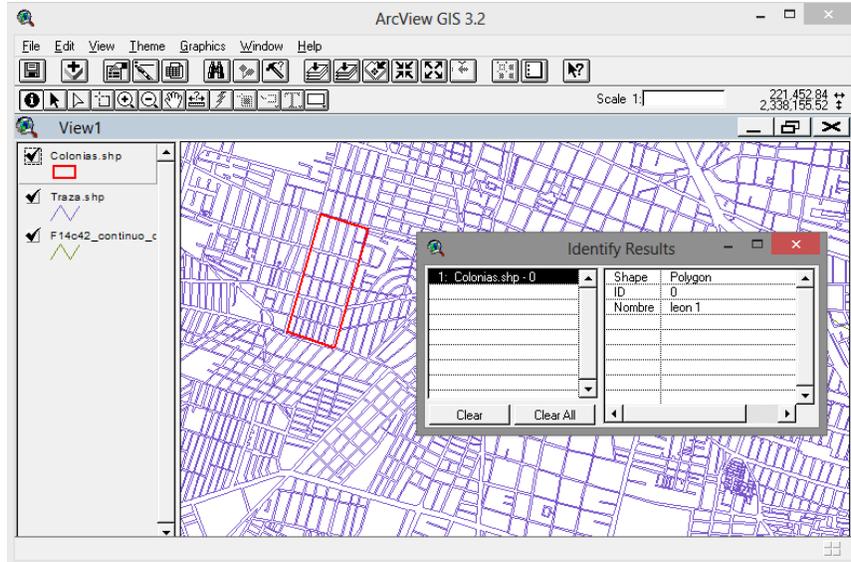


Fig. 4.15. La información.

En este trabajo, en los mapas realizados es posible obtener la información de cada colonia y de cada sector al seguir la instrucción anterior, aquí un ejemplo de lo que se puede obtener si seleccionamos una colonia. Ver figura 4.16.

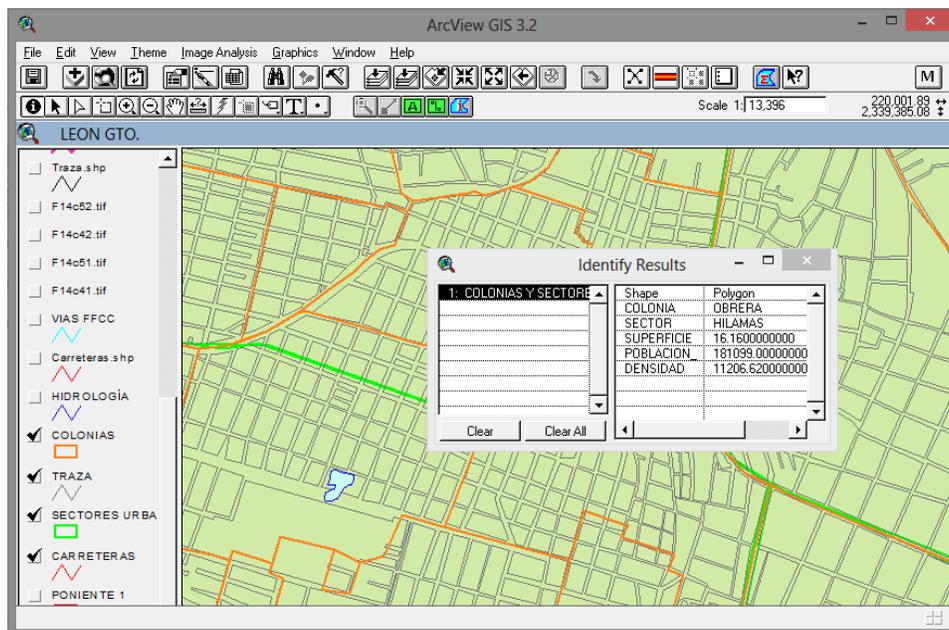
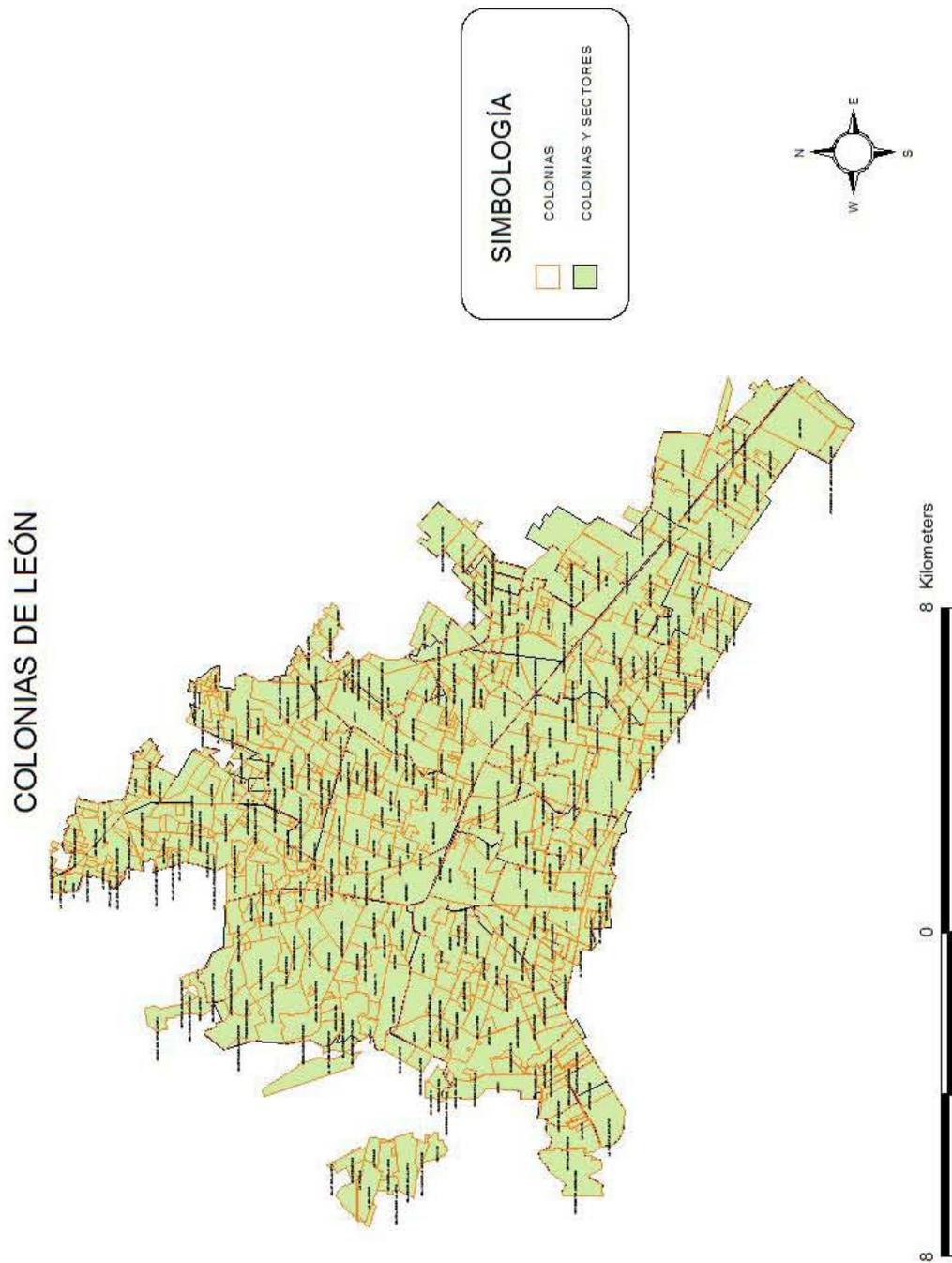


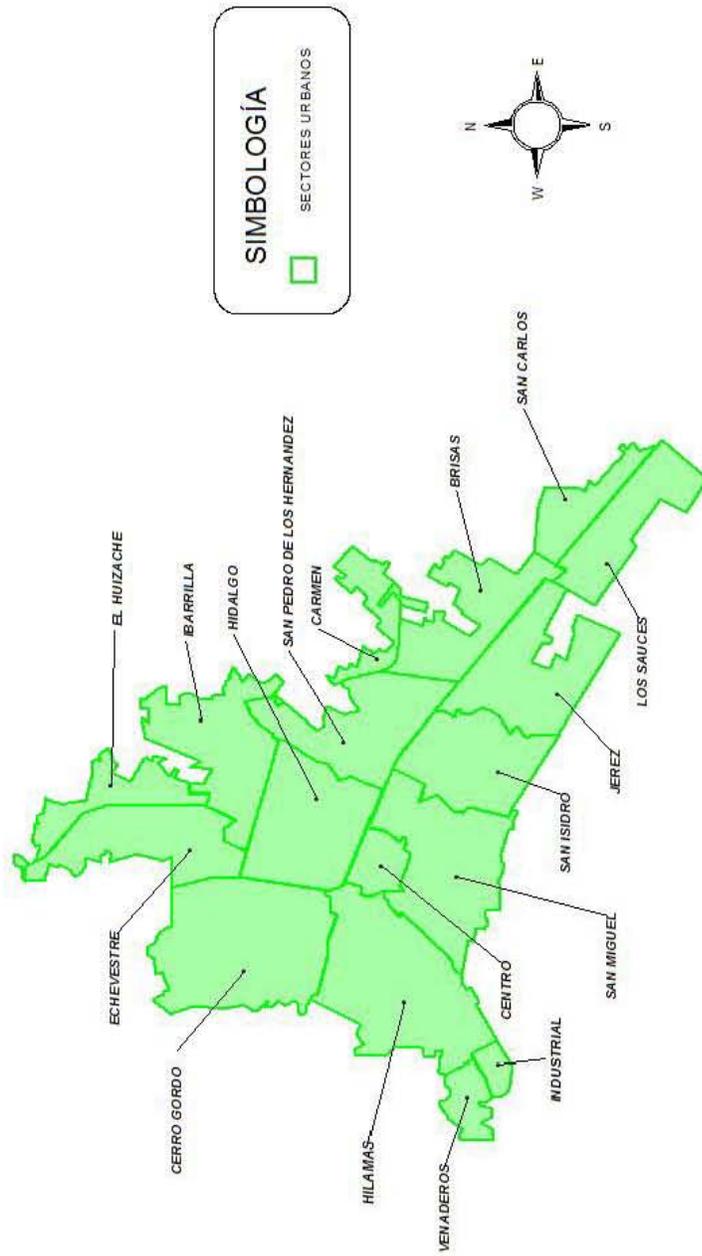
Fig. 4.16.- Datos de las colonias en León.

Como podemos observar se obtiene la información al instante con un solo clic.



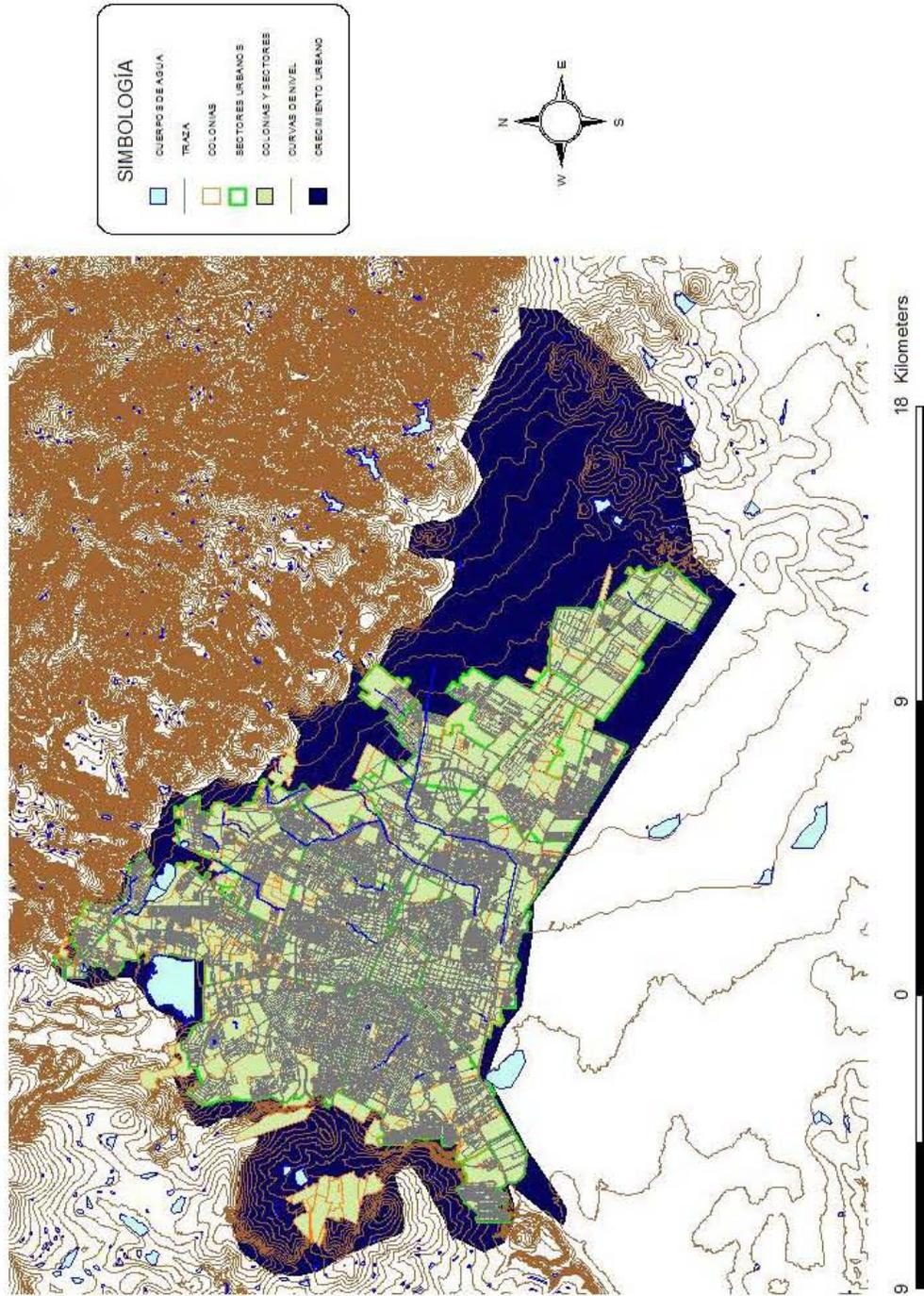
Mapa 4.1.- Las colonias de León.

SECTORES URBANOS



Mapa 4.2.- Los sectores urbanos.

EL FUTURO CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE LEÓN



Mapa 4.3.- El futuro crecimiento de León.

4.2.- Las fuentes de abastecimiento en León.

Como se menciona en los capítulos anteriores león se abastece principalmente de aguas subterráneas, esto se hace a través de nueve baterías que constan de 137 pozos distribuidos dentro y fuera de la ciudad, los pozos que están localizados fuera de la ciudad se ubican entre 20 y 40 km de distancia con respecto a la ciudad.

A continuación se presenta una tabla con la producción de los pozos en litros por segundo:

Tabla 4.2.- La producción de los pozos.

POZOS	GASTO
	L.P.S.
CIUDAD # 1	17.0
CIUDAD # 2	15.0
CIUDAD # 3	34.0
CIUDAD # 4	13.0
CIUDAD # 5	10.0
CIUDAD # 6	11.0
CIUDAD # 7	0.0
CIUDAD # 8	14.0
CIUDAD # 9	6.0
CIUDAD # 10	20.0
CIUDAD # 11-A	13.0
CIUDAD # 12	24.0
CIUDAD # 13	12.0
CIUDAD # 13-A	0.0
CIUDAD # 17	21.0
CIUDAD # 18	13.0
CIUDAD # 19	13.0
CIUDAD # 20	10.0
CIUDAD # 21	18.0
CIUDAD # 23-A	11.0
CIUDAD # 24	22.0
CIUDAD # 25	9.0
CIUDAD # 26	18.0
CIUDAD # 27	19.0
CIUDAD # 28	10.0
CIUDAD # 29	42.0
CIUDAD # 30	12.0
CIUDAD # 31	26.0
CIUDAD # 32	13.0
CIUDAD # 33	40.0
CIUDAD # 34	23.0
CIUDAD # 35	18.0
CIUDAD # 36	10.0
CIUDAD # 37	10.0
CIUDAD # 38	21.0
CIUDAD # 39	9.0
CIUDAD # 40	0.0
CIUDAD # 41	0.0
CIUDAD # 42	23.0
CIUDAD # 43	17.0

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LEÓN GUANAJUATO

CIUDAD # 44	48.0	SUR # 8	6.0	TURBIO # 7	55.0
CIUDAD # 46	0.0	SUR # 12	11.0	TURBIO # 8	207.0
CIUDAD # 47	4.0	SUR # 21	20.0	TURBIO # 9	53.0
CIUDAD # 48	11.0	SUR # 22	15.0	TURBIO # 10	68.0
CIUDAD # 49	0.0	SUR # 23	20.0	TURBIO # 11	110.0
CIUDAD # 50	0.0	SUR # 24	16.0	TURBIO # 12	28.0
CIUDAD # 51	7.0	SUR # 25	17.0	TURBIO # 13	40.0
CIUDAD # 52	12.0	SUR # 26	22.0	TURBIO # 14	33.0
CIUDAD # 53	10.0	SUR # 27	20.0	TURBIO # 15	25.0
CIUDAD # 54	7.0	TURBIO # 1	11.0	TURBIO # 16	40.0
CIUDAD # 55	5.0	TURBIO # 1-A	12.0	PONIENTE # 1	19.0
CIUDAD # 56	11.0	TURBIO # 1-B	8.0	PONIENTE # 1-A	27.0
CIUDAD # 57	23.0	TURBIO # 2	50.0	PONIENTE # 2	26.0
SUR # 1	11.0	TURBIO # 2-A	9.0	PONIENTE # 2-A	58.0
SUR # 2	13.0	TURBIO # 3	34.0	PONIENTE # 3	5.0
SUR # 3	0.0	TURBIO # 3-A	45.0	PONIENTE # 4	29.0
SUR # 4	6.0	TURBIO # 4	0.0	PONIENTE # 4-A	16.0
SUR # 5	0.0	TURBIO# 4-A	47.0	PONIENTE # 5	15.0
SUR # 6	3.0	TURBIO # 5	13.0	PONIENTE # 6	43.0
SUR # 7	8.0	TURBIO # 6	22.0	PONIENTE # 7	6.0

PONIENTE # 8	4.0	MURALLA # 2	28.0	MURALLA # 15	39.0
PONIENTE # 10	13.0	MURALLA # 3	47.0	MURALLA # 16	28.0
PONIENTE # 21	22.0	MURALLA # 4	32.0	MURALLA # 17	29.0
PONIENTE # 22	4.0	MURALLA # 5	30.0	MURALLA # 18	34.0
PONIENTE # 23	8.0	MURALLA # 6	26.0	MURALLA # 19	24.0
ORIENTE # 1	18.0	MURALLA # 7	41.0	MURALLA # 21	37.0
ORIENTE # 2	19.0	MURALLA # 8	42.0	MURALLA # 22	21.0
ORIENTE # 3	28.0	MURALLA # 9	42.0	MURALLA # 23	20.0
ORIENTE # 4	9.0	MURALLA # 10	37.0	MURALLA # 24	32.0
ORIENTE # 5	10.0	MURALLA # 11	18.0	MURALLA # 25	49.0
ORIENTE # 6	14.0	MURALLA # 12	26.0	MURALLA # 26	39.0
ORIENTE # 7	10.0	MURALLA # 13	21.0	MURALLA # 27	45.0
MURALLA # 1	21.0	MURALLA # 14	27.0	TOTAL DE LPS EXTRAIDOS	3091

FUENTE: Unidad de acceso a la información del Sistema de agua potable y alcantarillado de León (SAPAL).

En mapa 4.4 se muestran las nueve baterías con las que cuenta el municipio para abastecer a León. En este mapa dentro del SIG elaborado dentro de este trabajo se obtiene la producción de cada pozo, el predio en el que está ubicado, al igual que la colonia y sector al que pertenece, además en el mismo SIG se anexa un ejemplo del enlace de una fotografía de un pozo con el fin de tener una mejor ubicación si así se requiere.

También se cuenta con una fuente superficial, que es la presa “El palote” ubicada al norte de la ciudad. Esta es productiva solo cuando el nivel de almacenamiento rebasa el 50%, cuando esto sucede el gasto que se le extrae se deja de bombear de algún pozo. Su gasto extraído es de 23 lps.

En los últimos años la presa no ha alcanzado la capacidad adecuada debido a que las condiciones climáticas no han permitido una buena recarga de esta fuente, lo que la hace inutilizable afectando el suministro a la población.

En el mapa 4.5 se ubica la presa “El palote”.

Dentro del SIG se puede obtener la información relacionada con la presa, como lo es su nombre y su producción, así como un enlace a una fotografía para su ubicación.

Para el ingreso de un tema de puntos que es el caso de los pozos es necesario crear un nuevo tema activando la herramienta **view/new theme** y se indicara la opción **point** y aceptamos, se procede a guardar el tema y asignarle un nombre como se hizo al inicio de este capítulo. Ver figura 4.17.

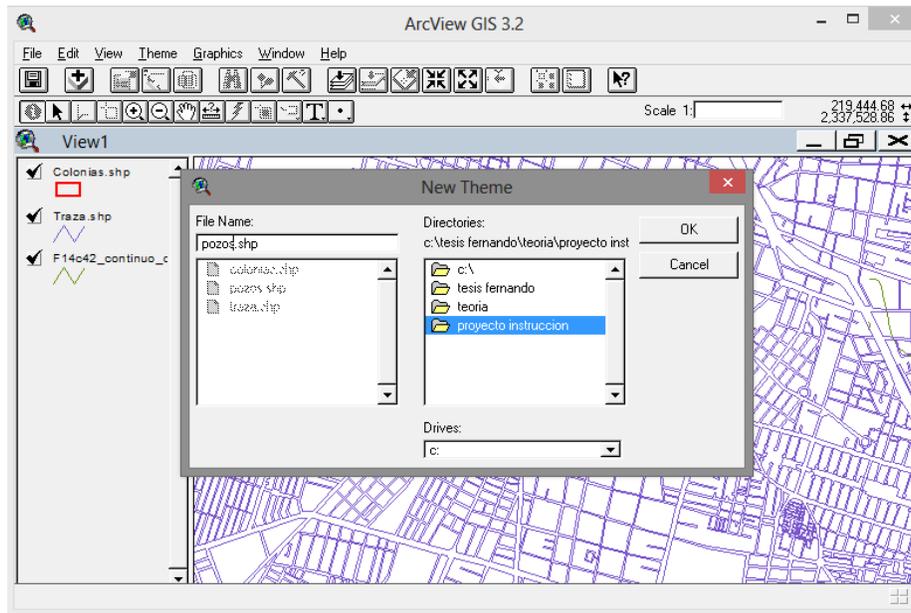


Fig. 4.17.- Creación del tema pozos.

Después de crear la capa, para dibujar un pozo se debe activar el icono  y se da un clic en la ubicación del pozo sobre el área de trabajo para crear un nuevo registro, quedando como en la siguiente figura:

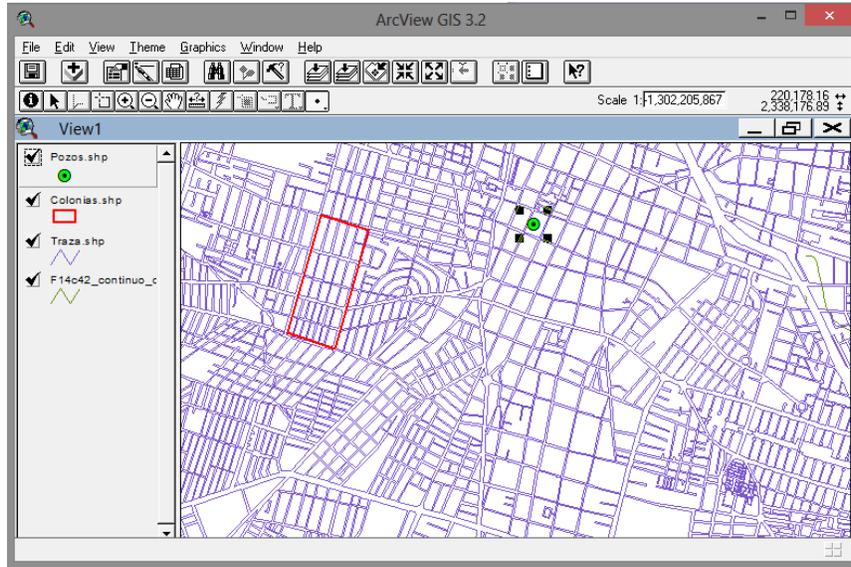


Fig. 4.18.- Elaboración de un pozo.

De la misma manera de la que se ingresaron los datos para los polígonos se puede ingresar información a cada pozo, aquí se ejemplifica lo que se puede obtener de un pozo en el sistema hecho en este trabajo:

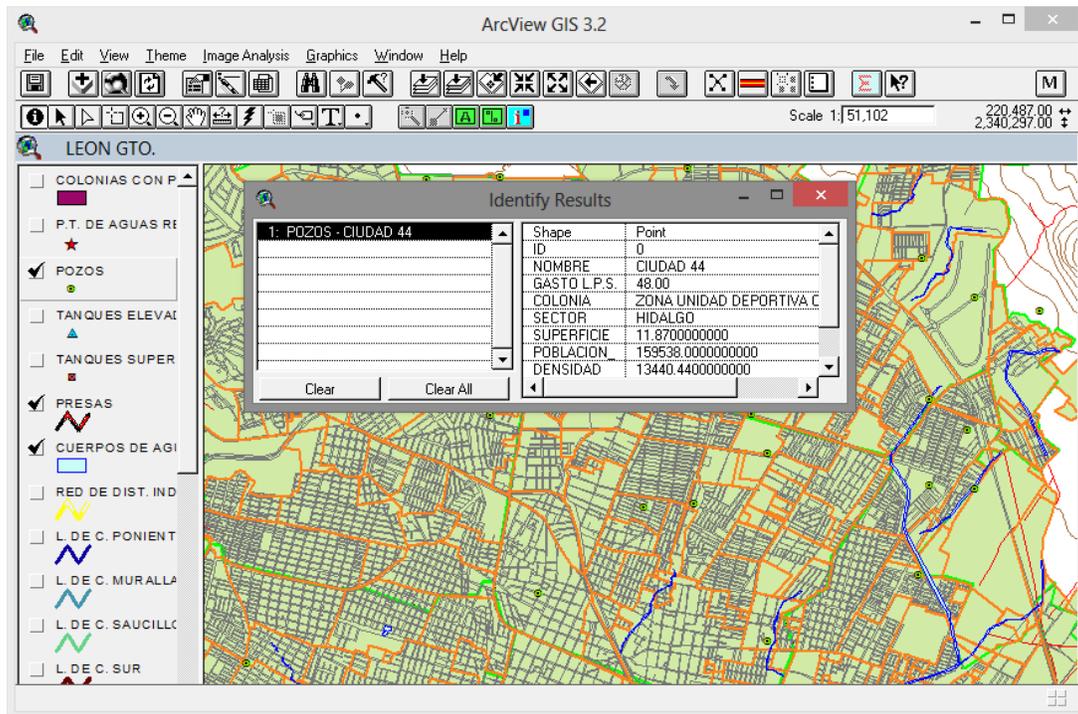


Fig. 4.19.- Información de los pozos

Otra aplicación que es de mucha utilidad y que se ha mencionado en este apartado es el enlace a una fotografía que nos puede ser de mucha utilidad en este caso para ubicar de mejor manera si se requiriera hacer una visita al pozo que tenga problemas, enseguida se muestra como se ingresa la fotografía, es necesario que la fotografía sea de extensión .tif o .jpg y que la imagen este guardada en la carpeta donde se ubica el proyecto.

Para ingresar la fotografía debe activar la capa de los pozos y se abre la tabla de información de este para crear un campo más que le podemos llamar imagen en este caso, en el campo creado se ingresara la ubicación de la imagen para nuestro pozo de esta manera (para este caso): "c:/TESIS FERNANDO/TEORIA/proyecto instrucción/pozo 1.tif".

Una vez hecho esto se activa el tema requerido y se selecciona la herramienta **theme/propiedades**. Se abrirá un cuadro de dialogo donde se tienen todas las propiedades del tema mediante iconos del lado izquierdo y del lado derecho se ajustan cada una de ellas. Del lado izquierdo se seleccionara la propiedad de **hot link**. En la opción **field** se deberá seleccionar el campo donde se encuentra la imagen, en la siguiente se seleccionara **link to image file** y aceptamos la operación. Ver figura 4.20.

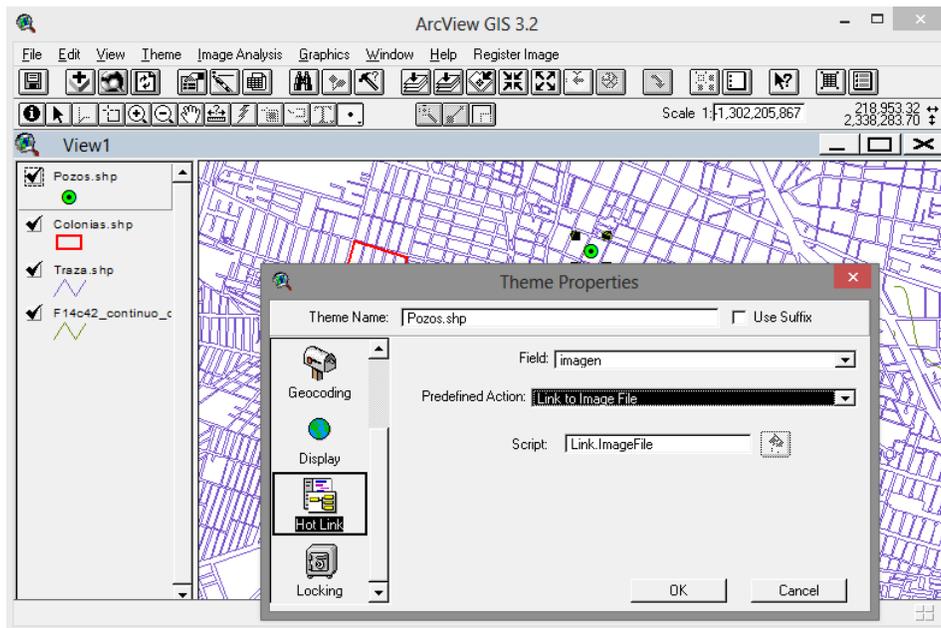


Fig. 4.20.- Creación de un hiperenlace.

Al tener listo esto se hace clic en el icono de hiperenlace  y procedemos a seleccionar el pozo donde se guardo la imagen, la vista que se genera es la siguiente:

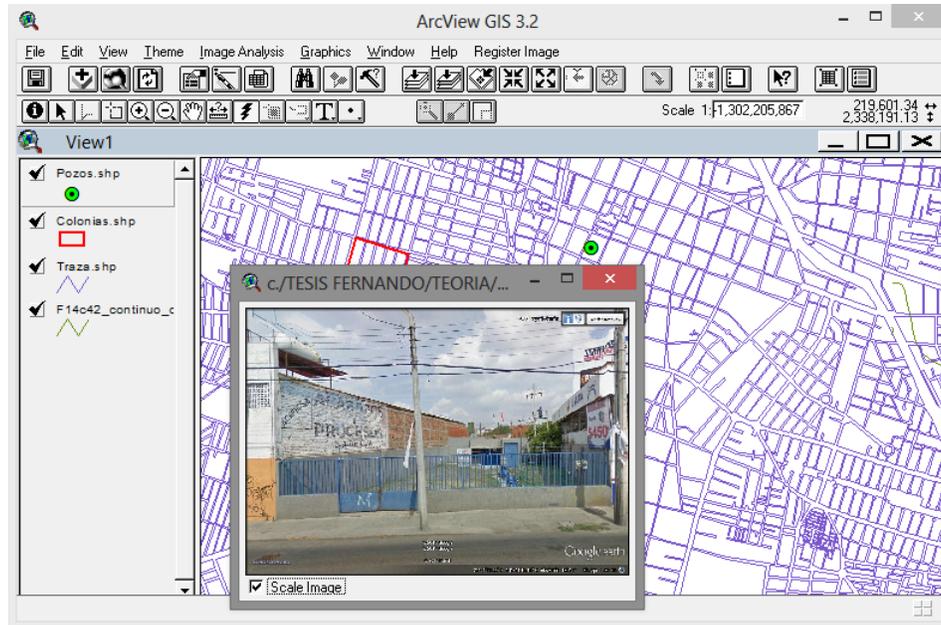


Fig. 4.21.- El hiperenlace.

Como podemos observar en la figura anterior esta herramienta es de mucha utilidad ya que muchas veces cuando se requiere hacer una visita a una instalación de este tipo no se tiene la información de su ubicación y esto nos da una vista de a qué lugar nos tenemos que dirigir y ubicarlo de mejor manera.

En la figura 4.22 se obtiene una fotografía del pozo “ciudad 44” que pertenece a las fuentes de abastecimiento de la ciudad, obtenida de un enlace como el anterior, y en la figura 4.23 se puede apreciar una tabla con toda la información con la que se cuenta de este pozo, esta tabla se obtiene activando la capa de pozos, después se da clic en el icono  y se selecciona con un clic el pozo de nuestro interés.

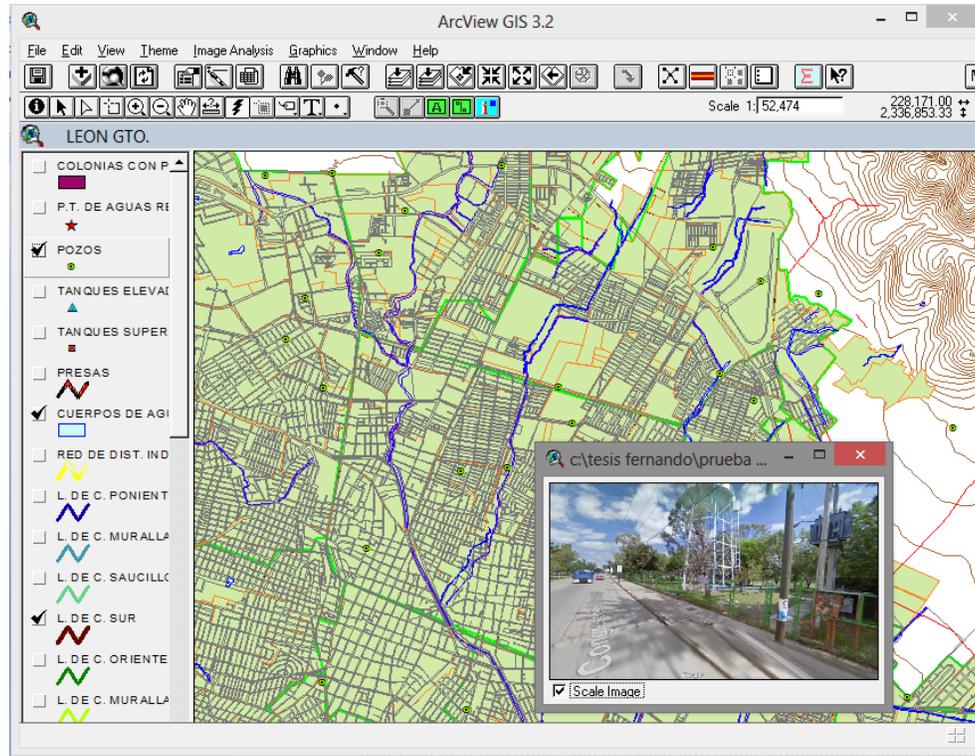


Fig. 4.22.- Pozo “ciudad 44”.

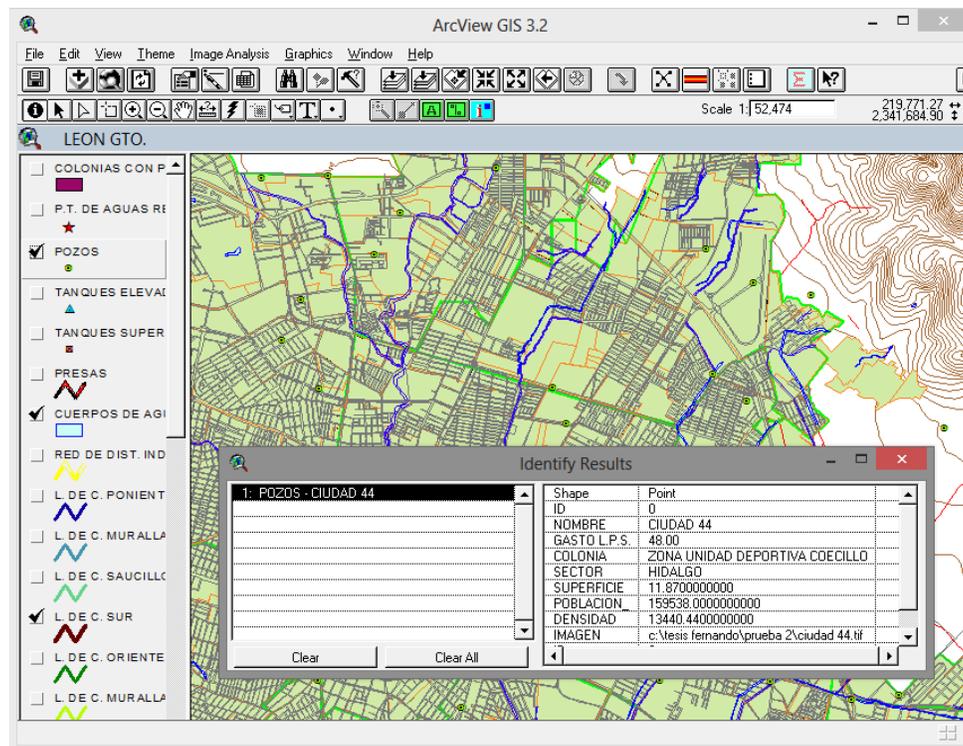


Fig. 4.23.- Información del pozo “ciudad 44”.

También se cuenta con una fuente superficial, que es la presa “El palote” ubicada al norte de la ciudad. Esta es productiva solo cuando el nivel de almacenamiento rebasa el 50%, cuando esto sucede el gasto que se le extrae se deja de bombear de algún pozo. Su gasto extraído es de 23 lps.

En los últimos años la presa no ha alcanzado la capacidad adecuada debido a que las condiciones climáticas no han permitido una buena recarga de esta fuente, lo que la hace inutilizable afectando el suministro a la población.

En el mapa 4.5 se ubica la presa “El palote”.

Dentro del SIG se puede obtener la información relacionada con la presa, como lo es su nombre y su producción, así como un enlace a una fotografía para su ubicación. El método para ingresar el link a la imagen es el mismo que se empleo para el enlace a la imagen de los pozos, así como la forma para el ingreso de los datos también es la misma.

A continuación se muestran dos figuras donde se aprecia tanto el enlace como la información de la presa el palote.

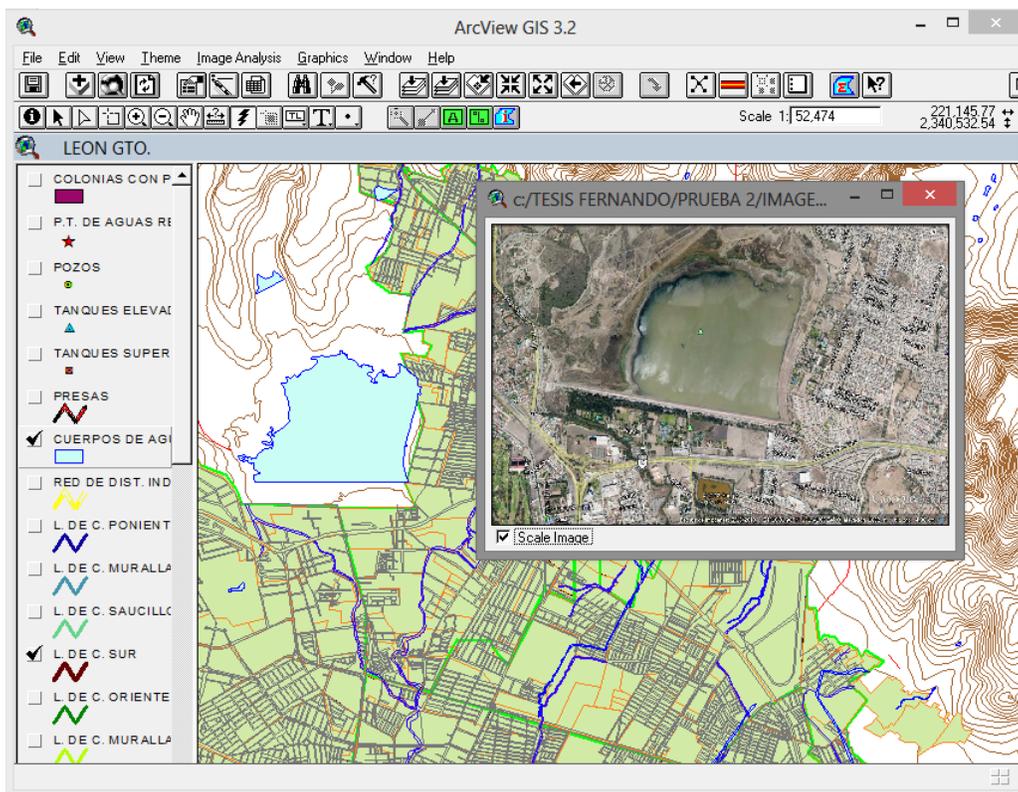


Fig. 4.24.- Imagen de la presa “El palote”.

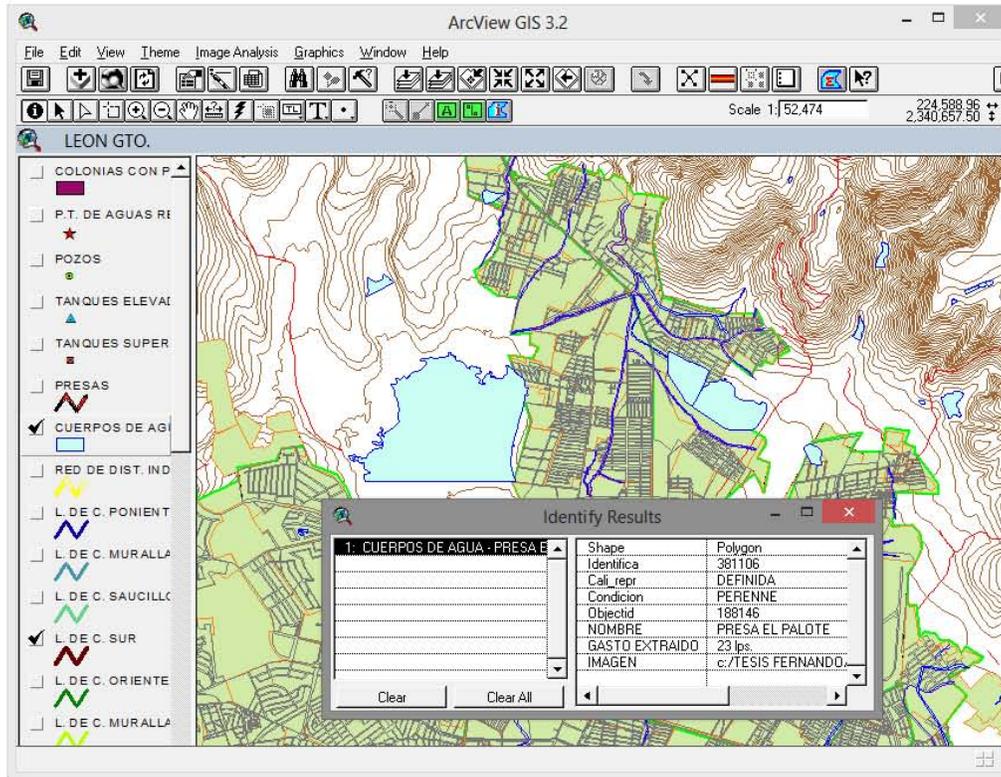
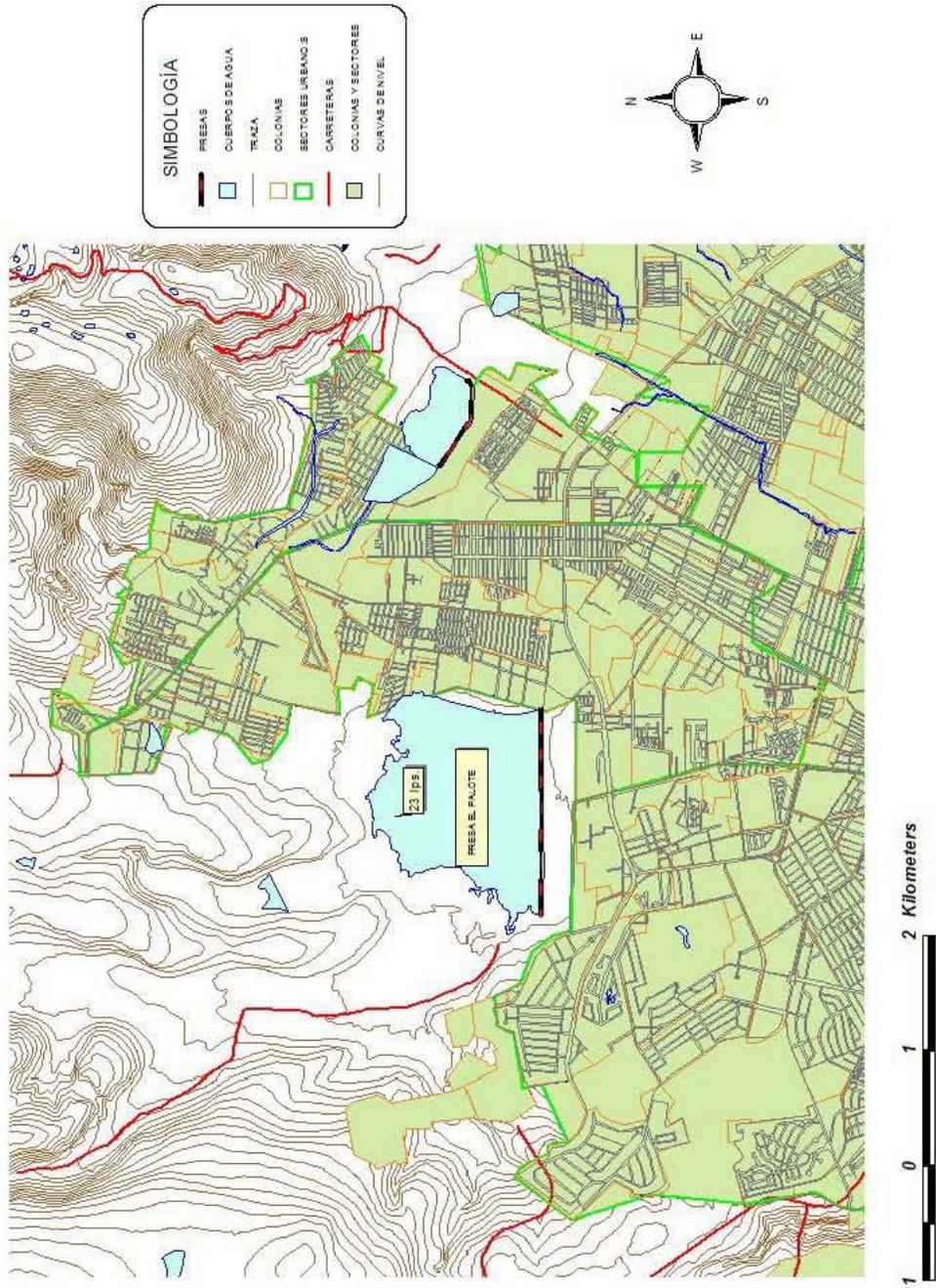


Fig. 4.25.- Información de la presa “El palote”.

FUENTE DE ABASTECIMIENTO SUPERFICIAL PRESA "EL PALOTE"



Mapa 4.5.- Presa "El palote".

4.3.- La infraestructura con la que cuenta la ciudad para dotar a la población del vital líquido.

León cuenta con 8 líneas de conducción que distribuyen el líquido producido por las baterías de pozos a las distintas zonas de la ciudad, estas líneas llevan el nombre de cada batería que conectan, estas a su vez suministran por medio de rebombes a los distintos tanques de almacenamiento con los que cuenta la ciudad en la actualidad.

Las tuberías que conducen el agua por la red de distribución cuentan con una longitud de 4500 km. Y sus diámetros van de 36” a 3”. En la siguiente tabla se muestran los materiales utilizados en las tuberías.

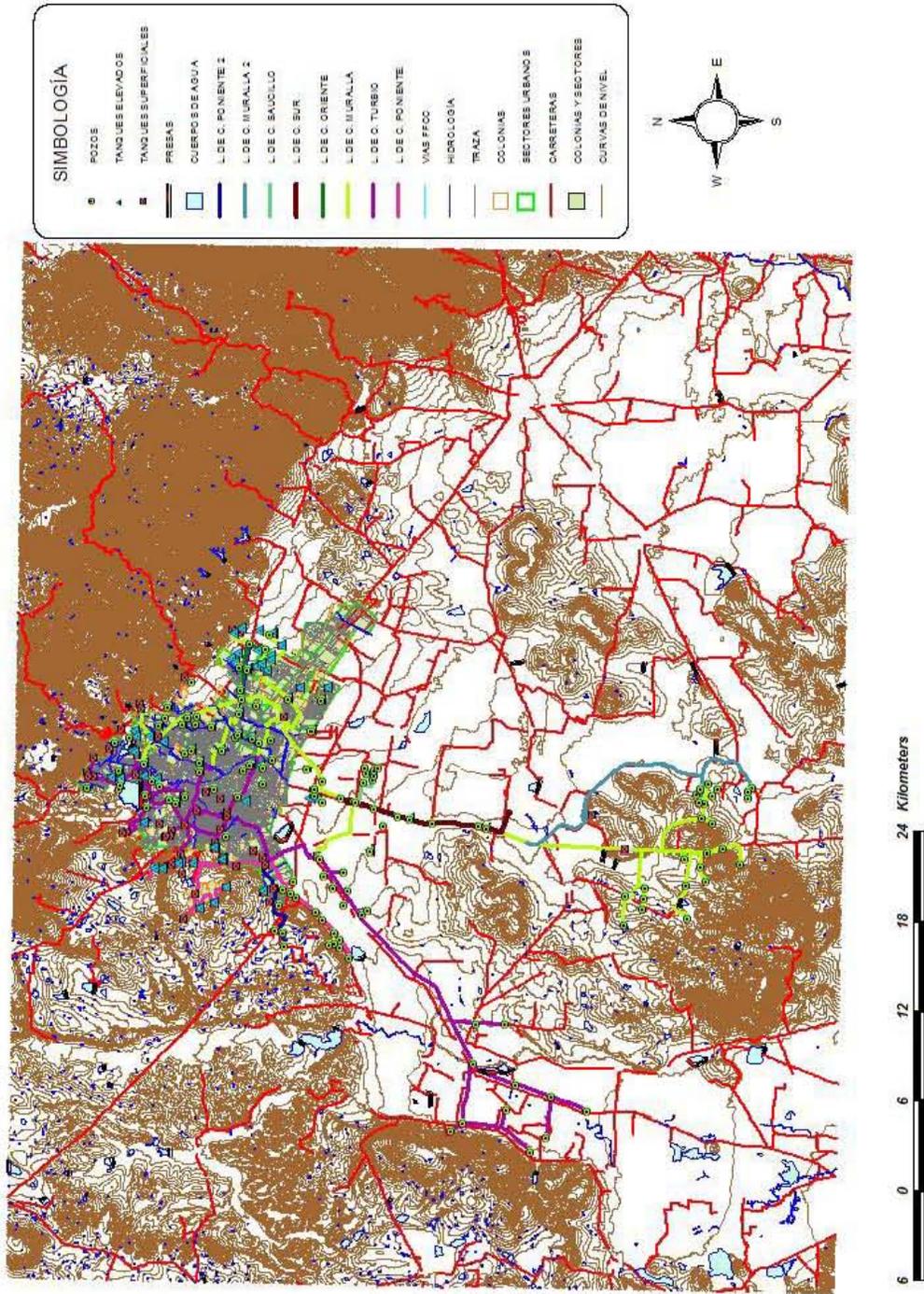
Tabla 4.3.- Materiales utilizados en la red.

MATERIAL DE LAS REDES DE AGUA POTABLE	PORCENTAJE DE USO
PVC	78.76%
Polietileno	19.57%
Asbesto-cemento	9.32%
Concreto	1.75%
Hierro dúctil	0.48%
Hierro fundido	0.12%

FUENTE: Sistema de agua potable y alcantarillado de León (SAPAL).

En el mapa 4.6 se muestra la infraestructura de agua potable con la que se cuenta en la ciudad de León, se aprecian las ocho líneas de conducción, con sus 137 pozos.

EL SUMINISTRO DE AGUA EN LEÓN



Mapa 4.6.- El suministro de agua en León.

Además de las líneas de conducción y de los pozos, León en la actualidad cuenta con 101 tanques de almacenamiento superficiales y 76 tanques elevados.

A continuación se muestran dos tablas con los nombres de los tanques y sus capacidades:

Tabla 4.4.- Capacidades de los tanques superficiales.

TANQUES SUPERFICIALES		
N o	NOMBRE	CAPA CIDAD M3
1	SANTA ROSA	900
2	EL FUERTE I Y II	15,000
3	EL FUERTE III	3,000
4	FÁTIMA	5,000
5	COLOMBIA I Y II	5,000
6	V. HERMOSA	3,000
7	V. HERMOSA II	3,000
8	GRANADA I Y II	16,600
9	INSURGENTES I Y II	3,000
10	INSURGENTES III	3,000
11	BAJÍO I Y II	2,000
12	BAJÍO III	3,000

1 3	REFUGIO	1,000
1 4	CUMBRES	1,000
1 5	CUMBRES III	3,000
1 6	CAÑADA DEL REFUGIO (INTERMEDIO)	350
1 7	CAÑADA DEL REFUGIO (EL VIGILANTE)	200
1 8	CAÑADA DEL REFUGIO (VIENTOS)	300
1 9	CAMPESTRE	200
2 0	P. POTABILIZADORA	150
2 1	MORAL	1,500
2 2	PANORAMA	500
2	CALVARIO	150

3		
2 4	VALLE DEL PALMAR	60
2 5	GRAN JARDIN	325
2 6	PORTA FONTANA	200
2 7	EL PALOTE (MÓDULO DEPORTIVO)	1,000
2 8	LA MARINA (DESARROLLO DEL LAGO)	60
2 9	LAS HUERTAS II	88
3 0	C. REGIMEN	2,000
3 1	C. REGIMEN II "EL ZOCALO"	1,000
3 2	CERRITO DE JEREZ I Y II	15,000
3 3	CERRITO DE JEREZ III Y IV	6,000

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LEÓN GUANAJUATO

3 4	MARAVILLAS I Y II	12000
3 5	MARAVILLAS	3,000
3 6	LA SELVA I	750
3 7	LA SELVA I (SEGUNDA CAMARA)	750
3 8	LA SELVA II	250
3 9	RIVERA DE LA PRESA I	360
4 0	RIVERA DE LA PRESA II Y III	2500
4 1	CERRO DEL CUBO	1300
4 2	LOS CASTILLOS	1200
4 3	LOMAS DE LOS CASTILLOS	500
4 4	RIBERA DE LOS CASTILLOS	250
4 5	LOMAS DE ECHEVESTE	1,000
4 6	LOMAS DE GUADALUPE	100
4	LOMAS DE	350

7	GUADALUPE (NVO)	
4 8	ALAMEDA DE LA PRESA	400
4 9	VILLA MAGNA	400
5 0	FORESTA JARDIN	400
5 1	VALLE DEL REAL	300
5 2	VILLAS DE SAN JUAN	900
5 3	VILLAS DE NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ	300
5 4	ARBOLEDAS DE LA LUZ	400
5 5	VILLAS DE SAN NICOLAS I	3,000
5 6	PARAISO REAL (DAVIVIR)	2,389
5 7	AMALIAS	900
5 8	BALCONES DE LA JOYA II	2,400
5 9	CONVIVE	300
6 0	PIEDRERO (CAMARA I Y II)	10,000

6 1	HILAMAS I - II	3,000
6 2	HILAMAS III	2,500
6 3	HILAMAS V	1150
6 4	HILAMAS VI	1150
6 5	LEON II	750
6 6	PASEOS DE LA CIMA	200
6 7	LAS JOYAS (LOMAS DEL SOL)	425
6 8	LA SOLEDAD	150
6 9	LA SOLEDAD (NVO)	3,000
7 0	LOMAS DEL MIRADOR	540
7 1	LOMAS DEL SOL I Y II	2,800
7 2	RIZOS DEL SAUCILLO	2,100
7 3	JACINTO LOPEZ	1,400
7	JACINTO LOPEZ	800

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LEÓN GUANAJUATO

4		
75	EL FARO	400
76	PERIODISTAS I (C. REGIMEN PTE. 2)	2,000
77	PERIODISTAS II	1,000
78	CIMA DIAMANTE	400
79	LA ERMITA	1,000
80	VALLE ANTIGUA	150
81	OBSERVATORIO II (2 CAMARAS)	2,400
82	CUMBRES DEL SOL	300
83	CUMBRES DE LA GLORIA	3,000
84	MONTAÑAS DEL SOL	500
85	PIEDRERO I	5,000
86	LOMAS DEL LAUREL	800
87	PIEDRERO II	5,000

88	BRISAS DE SAN NICOLAS	300
89	LAS VILLAS	105
90	VALLE DE LA LUZ	750
91	REBOMBEO INTERMEDIO VILLAS DE SAN NICOLAS	1,800
92	BRISAS DEL CARMEN	400
93	VILLAS DE SAN NICOLAS	900
94	PASEOS DEL MOLINO	300
95	PARAISO REAL	2,400
96	PUNTA DEL ESTE	400
97	PUNTA DEL ESTE	400
98	LOMAS DE LA PRESA	400
99	PEÑON	600
100	IBARRILLA	75

101	BALCONES DEL CAMPESTRE	650
-----	------------------------	-----

FUENTE: Unidad de acceso a la información de SAPAL.

Tabla 4.5.- Capacidades de los tanques elevados.

TANQUES ELEVADOS		
N o .	NOMBRE	CAPA CIDAD M3
1	CIUDAD 1	200
2	CIUDAD 6	200
3	CIUDAD 8	200
4	CIUDAD 9	200
5	CIUDAD 11- A	200
6	CIUDAD 12	200
7	CIUDAD 17	200
8	CIUDAD 18	200
9	CIUDAD 23 - A	100
10	CIUDAD 26	200
11	CIUDAD 28	200
12	CIUDAD 31	200
13	CIUDAD 32	200
14	CIUDAD 34	200

4		
15	CIUDAD 35	200
16	CIUDAD 41	200
17	CIUDAD 47	200
18	CIUDAD 48	200
19	LA ERMITA	100
20	CIUDAD 13	100
21	EL CARMEN CTM	250
22	NUEVO AMANECER	200
23	VILLAS DE SAN JUAN I	200
24	VILLAS DE SAN JUAN II	200
25	VILLAS DE SAN JUAN III	200
26	SUR 7	100

27	TURBIO 2 - A	200
28	J. LOPEZ	200
29	L. DE ECHEVESTE	400
30	CIUDAD 44	200
31	CENTRAL DE ABASTOS	100
32	CD. INDUSTRIAL	150
33	PARAISO REAL	250
34	EL CONDADO	200
35	VILLA MAGNA	200
36	BRISAS DEL CARMEN	200
37	LOMAS DE LA PRESA	200
38	PASEOS DE LA CIMA	100
39	CONVIVE	80

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LEÓN GUANAJUATO

40	BOSQUES DE LA PRESA	200
41	BALCONES DE LA JOYA II	110
42	BRISAS DEL LAGO I	250
43	BRISAS DEL LAGO II	250
44	BRISAS DEL LAGO III	250
45	ALAMEDA DE LA PRESA	100
46	EL FARO	200
47	VALLE DEL PALMAR	110
48	BRISAS DE SAN NICOLAS	150
49	COLINAS DEL CARMEN	200
50	VILLAS DE NUESTRA SEÑORA DE LA LUZ I	200
51	LAS VILLAS	100

52	CIMA DIAMANTE	200
53	VALLE DE LA LUZ	250
54	VALLE ANTIGUA	150
55	ARBOLEDAS	200
56	VILLAS DE SAN NICOLAS	200
57	CIUDAD 51 SLS MOREÑA	200
58	CIUDAD 39	200
59	VILLAS DEL ROCÍO	250
60	LOMAS DEL REFUGIO	200
61	LOMAS DEL MIRADOR	150
62	OBSERVATORIO II	200
63	PASEOS DEL MOLINO	200
64	FORESTA JARDIN	150

65	VALLE DEL REAL	200
66	BRISAS DEL PEDREGAL	200
67	PASEOS DEL COUNTRY	200
68	LA MARINA (DESARROLLO DEL LAGO)	110
69	AMPLIACION SAN FRANCISCO II	250
70	ARBOLEDAS DE LA LUZ	110
71	BALCONES DEL CAMPESTRE	100
72	MONTAÑAS DEL SOL	200
73	PARQUE INDUSTRIAL DE LEON	200
74	LOMAS DEL LAUREL	200
75	PUNTA DEL ESTE 1	200
76	PUNTA DEL ESTE 2	200

FUENTE: Unidad de acceso a la información de SAPAL.

En el SIG que se realizó se registro cada uno de los tanques tanto elevados como superficiales, al seleccionar alguno de ellos nos da la colonia y el sector donde se ubica además de su nombre y su capacidad (ver figura 4.26 y 4.27), también se maneja un ejemplo de un enlace a un tanque elevado y a uno superficial donde se muestra una imagen de cada uno para su mejor reconocimiento (ver figura 4.28 y 4.29).

Al ubicar de esta manera los dos tipos de tanques se puede tener una mayor visión de en que zonas de la ciudad influyen, y donde puede ser factible la colocación de alguno para surtir el agua a las colonias que se forman constantemente con el crecimiento de la ciudad.

En los mapas 4.7 y 4.8 se pueden observar tanto los tanques elevados como los superficiales.

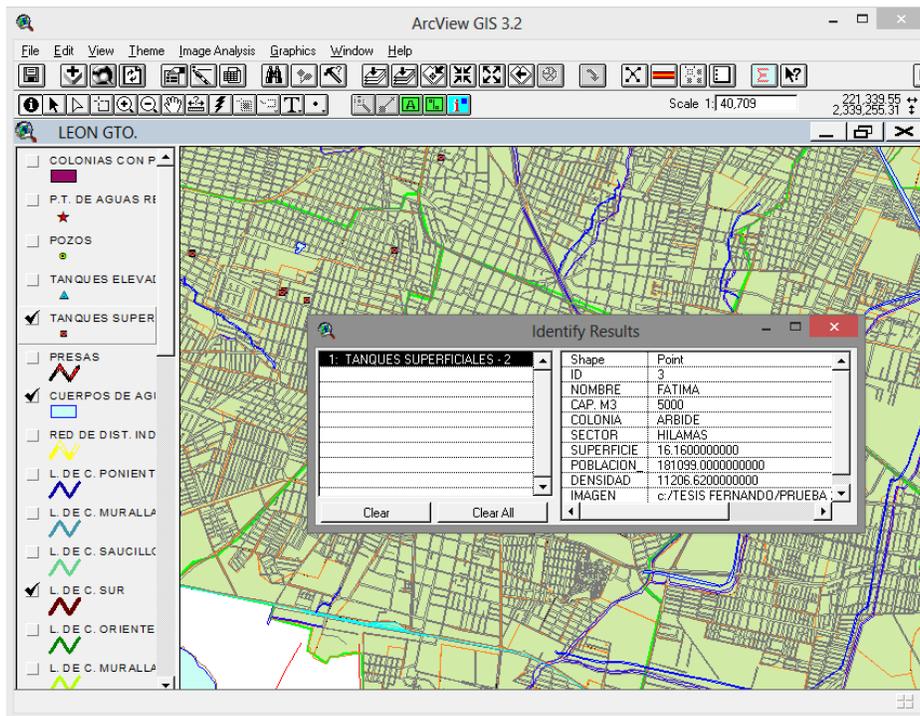


Fig. 4.26.- Información del tanque superficial “FATIMA”.

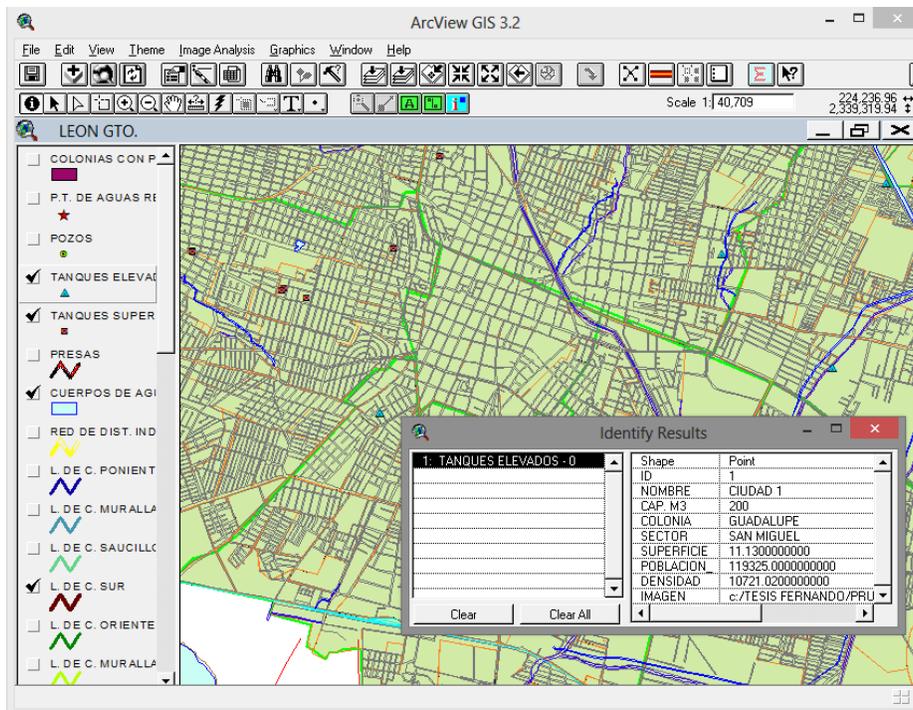


Fig. 4.27.- Información del tanque elevado “CIUDAD 1”.

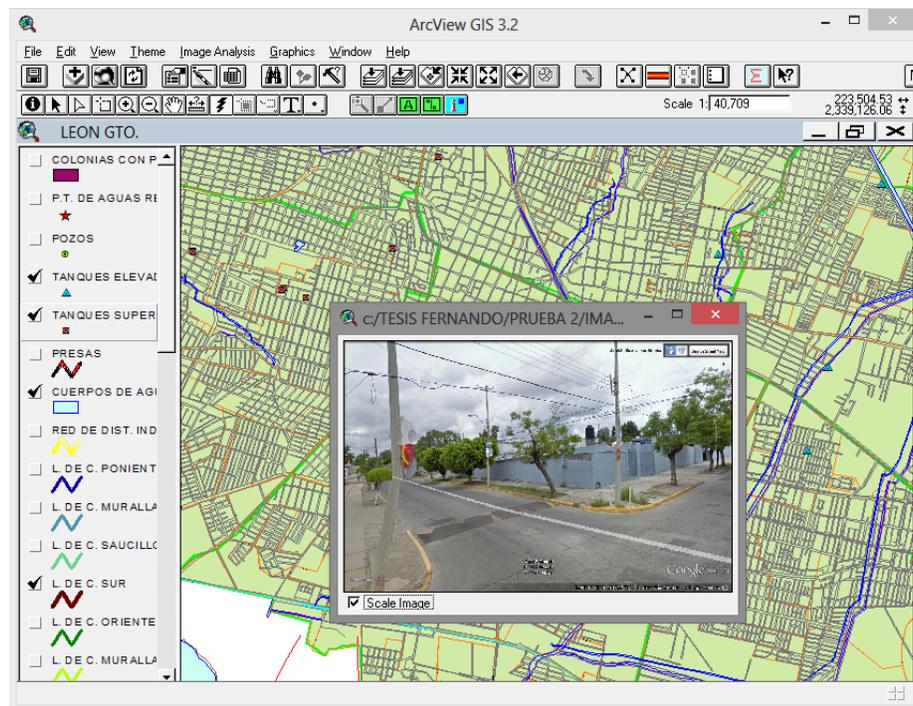


Fig. 4.28.- Imagen del tanque superficial “FATIMA”.

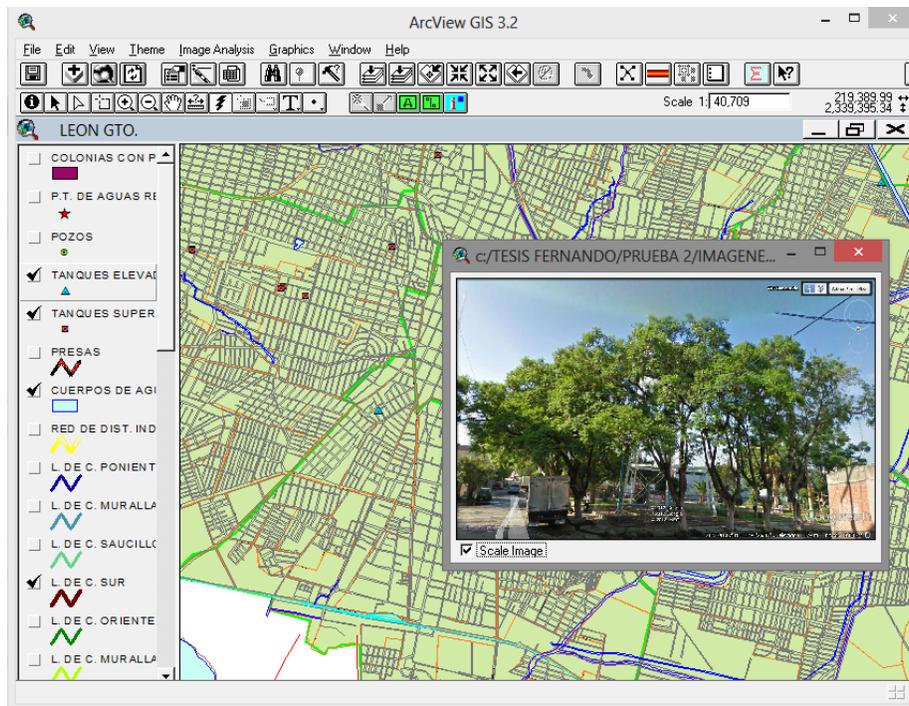
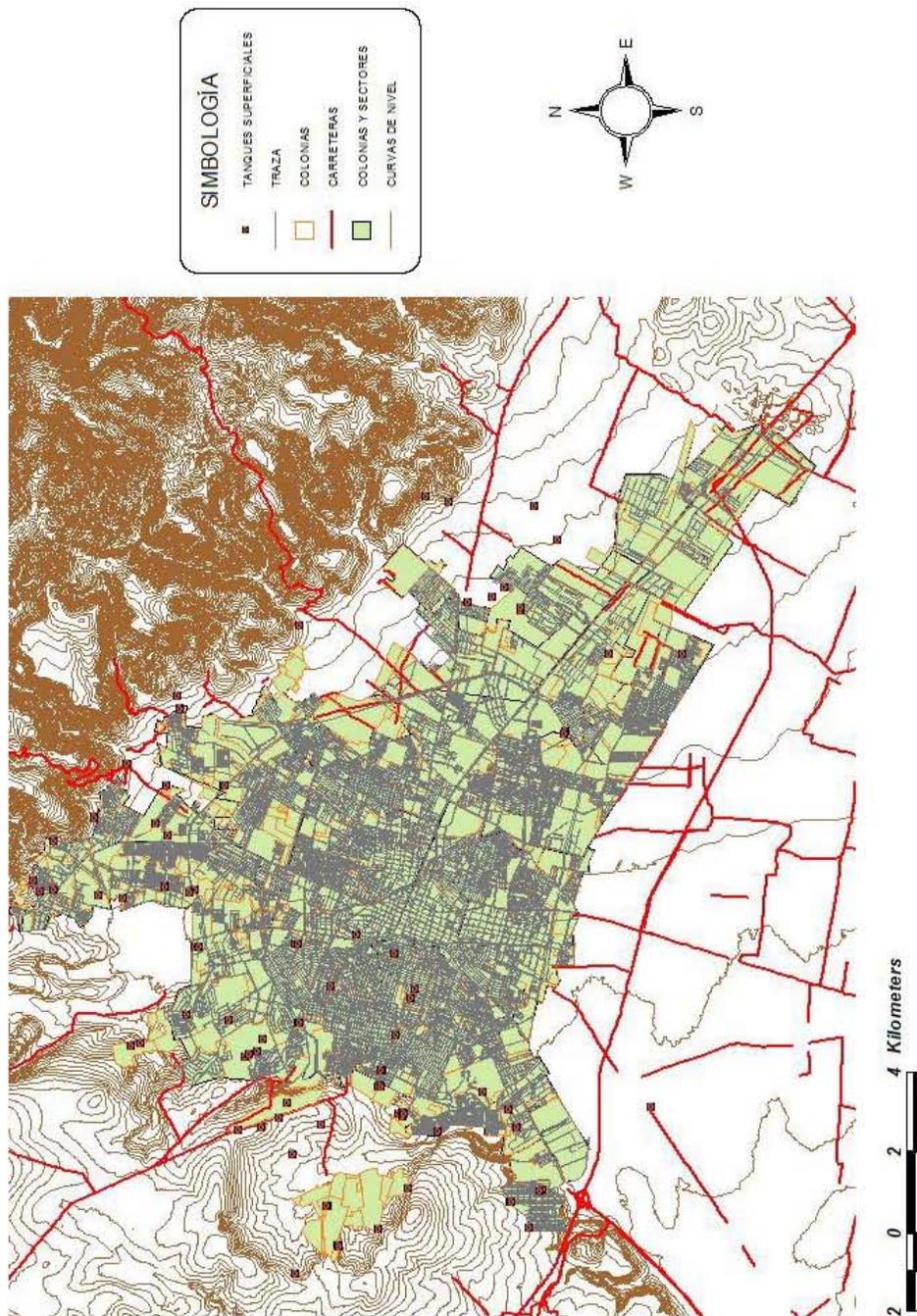


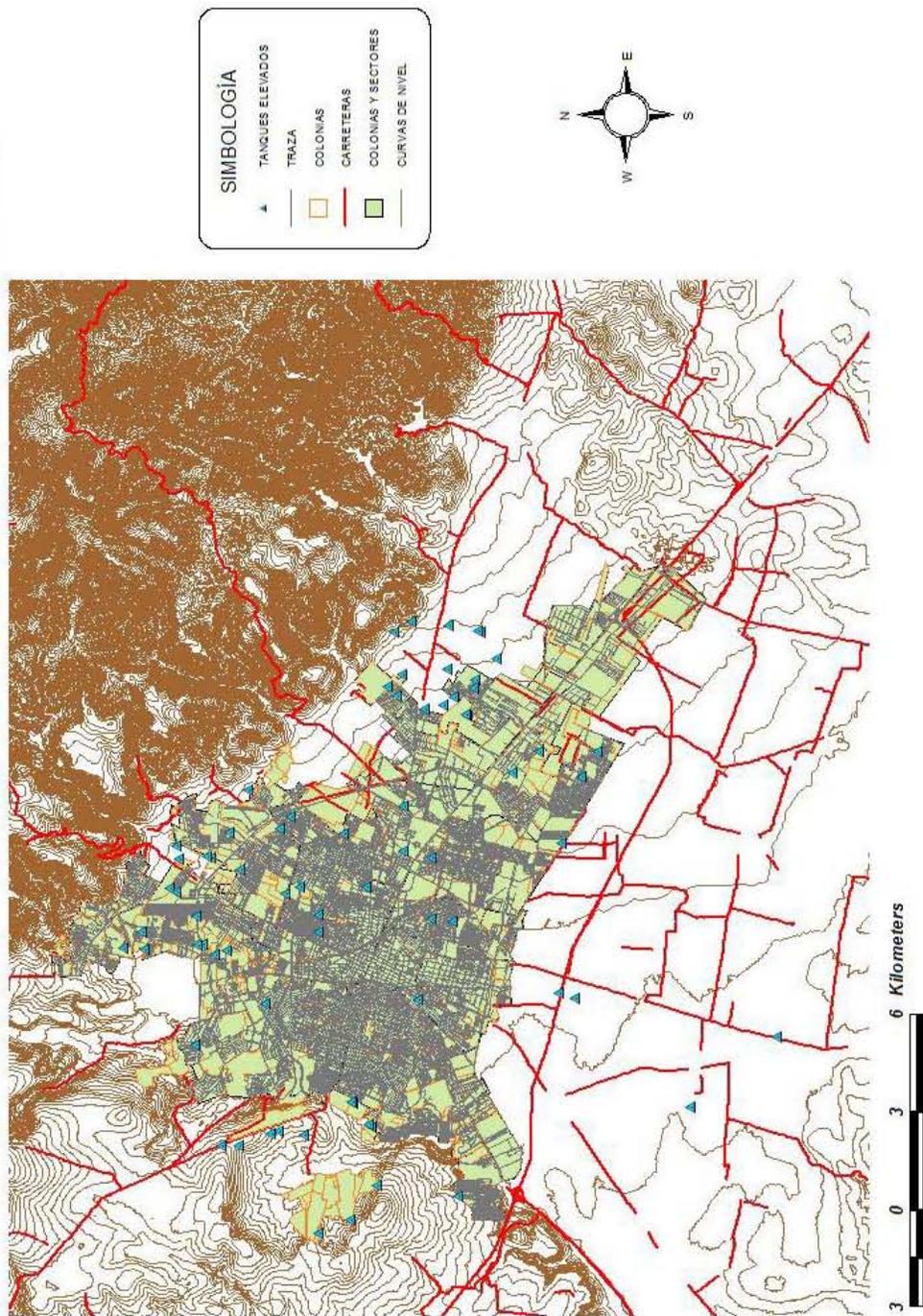
Fig. 4.29.- Imagen del tanque elevado “CIUDAD 1”.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO SUPERFICIALES DE AGUA POTABLE



Mapa 4.7.- Ubicación de los tanques superficiales.

TANQUES ELEVADOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE



Mapa 4.8.- Ubicación de los tanques elevados.

En la ciudad también se cuenta con nueve plantas de tratamiento de aguas residuales distribuidas en varias zonas de la ciudad, debido a la industria curtidora asentada en la ciudad la cantidad de agua contaminada vertida al drenaje se tuvo que optar por la utilización de estas, la ciudad cuenta con una red de distribución de agua tratada industrial que abastece a la zona industrial ubicada en el suroeste de la urbe, esta red tiene una longitud de 35 Km y está diseñada para dotar agua tratada a la industria curtidora; a continuación en el mapa 4.9 se muestra un mapa donde se localiza esta red.

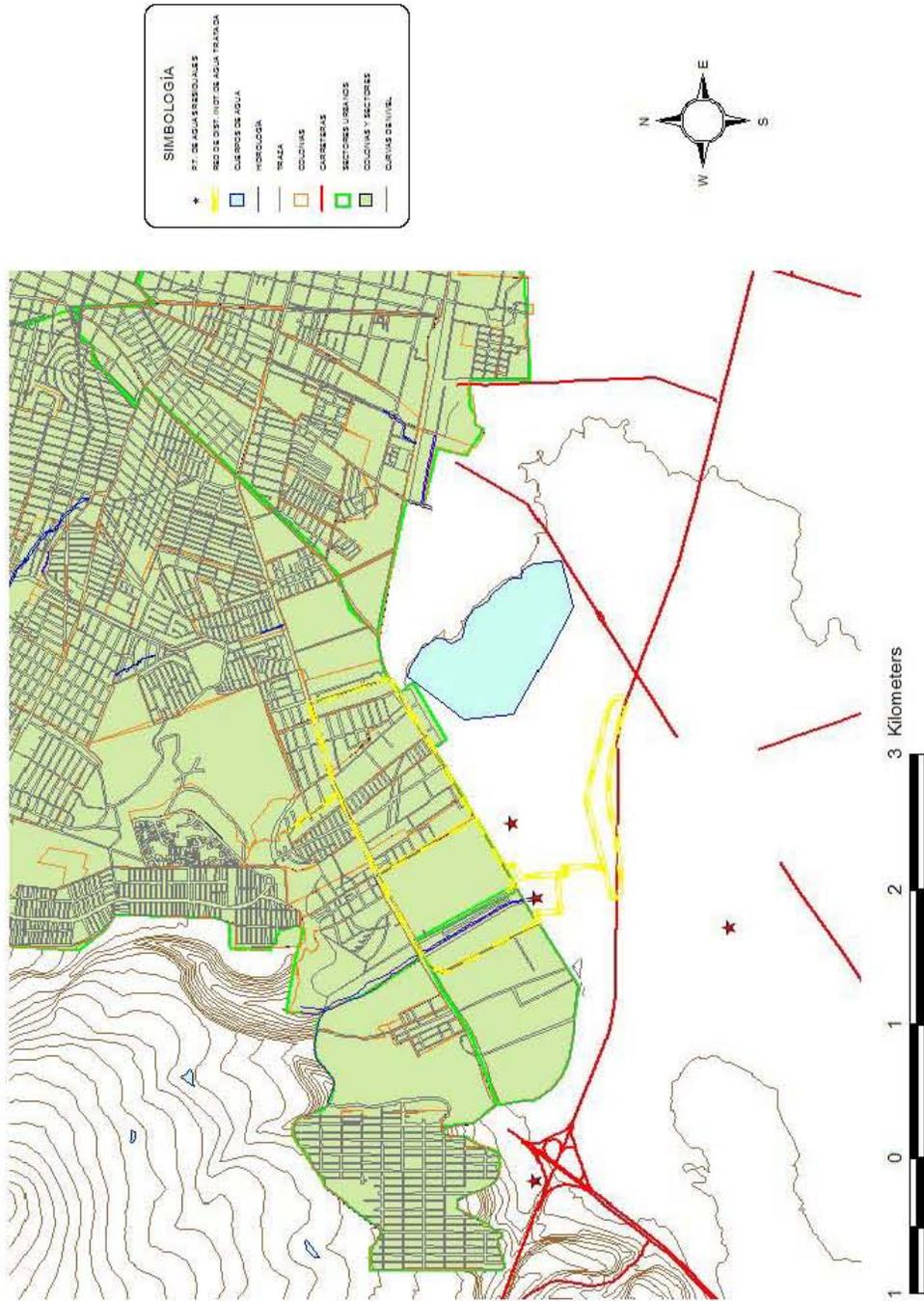
En la siguiente tabla se indican los nombres de las plantas y sus capacidades:

Tabla 4.6.- Las plantas de tratamiento.

Planta	Capacidad l/s
Planta Mpal. Tratamiento	2,500
Villas de San Juan	70
Las Joyas	70
Periodistas de México	10
Lomas del Mirador	23
San Isidro de las Colonias	20
Módulo de Desbaste	150
Santa Rosa Plan de Ayala	15
Ciudad Industrial	1.3
Total	2859

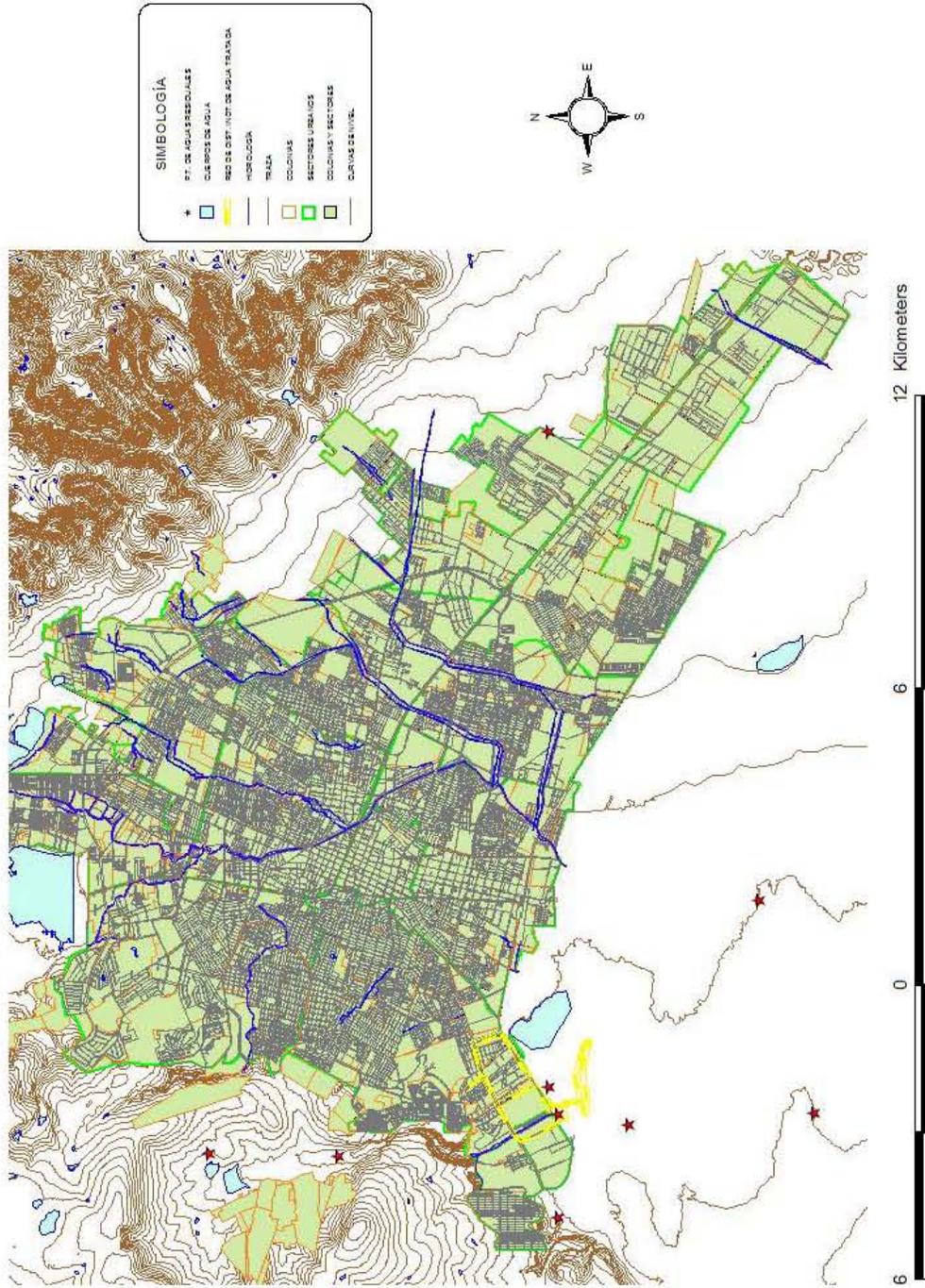
En el mapa 4.10 se muestra la ubicación de las plantas de tratamiento de agua residual, en el SIG se puede localizar la planta y su capacidad al igual que con otros elementos y de la misma manera que estos.

RED DE DISTRIBUCION INDUSTRIAL DE AGUA TRATADA.



Mapa 4.9.- Red de distribución industrial de agua tratada.

PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



Mapa 4.10.- Ubicación de las plantas de tratamiento de agua residual en León.

4.4.- Identificación de la problemática en estudio.

En este apartado se mostrara por medio del SIG elaborado, la identificación de la problemática que aqueja a esta ciudad, como se ha venido mencionando, la ciudad toma la mayoría del vital liquido del acuífero de León, ósea que se extrae del subsuelo por medio de pozos.

Algunos de los pozos tienen más de treinta años, y muchos de estos están ubicados dentro de la mancha urbana ya que fueron diseñados para dotar de agua a la población en aquella época, conforme han pasado los años se han ido perforando pozos hasta llegar a los 137 que son con los que actualmente cuenta el municipio, debido a que la ciudad creció y cada vez la demanda de agua crece más.

Hace 5 años la dotación de agua cubría la mayoría de la población, pero debido al gran crecimiento que ha tenido la ciudad esto ha cambiado al verse afectadas ya algunas colonias de la ciudad.

Estas colonias al estar en zonas altas de la ciudad son las más afectadas en su suministro, estas resienten en temporadas de estiaje, cuando se produce alguna falla eléctrica. Cuando estas colonias tienen problemas son dotadas por pipas.

En el siguiente mapa se aprecian las colonias con problemas, además en el SIG si surgiera algún contratiempo de los mencionados en el párrafo anterior pueden ser registrados y localizados fácilmente al ingresar el nombre de la colonia para una pronta atención, este Sistema es muy útil en estos casos, por que se tiene la información y su ubicación rápidamente.

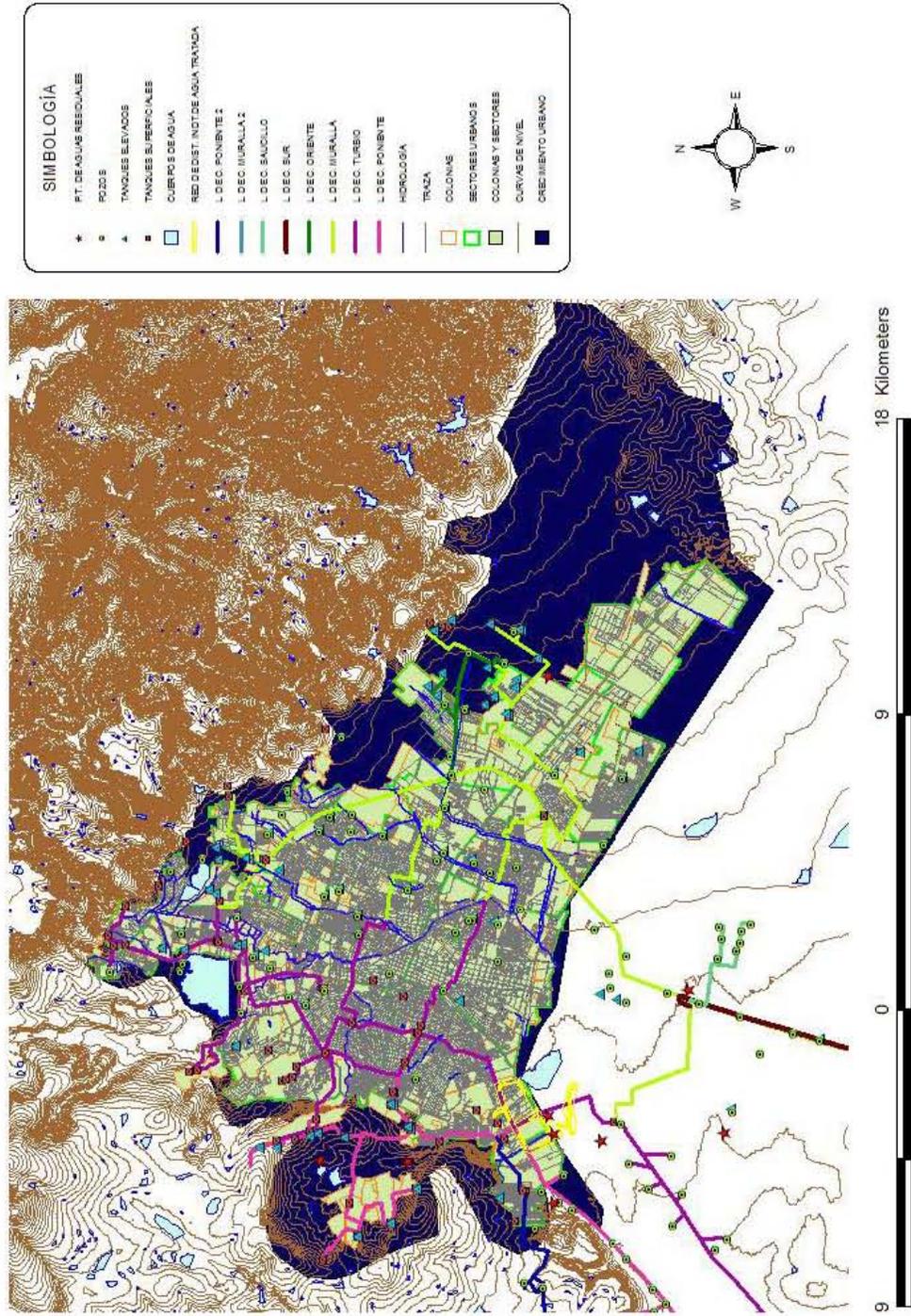
Otro factor que afecta el suministro es que debido al crecimiento de la ciudad, cada vez son menos las áreas naturales, y esto provoca que no se recargue correctamente el acuífero afectando la producción de los pozos de abastecimiento. Ver mapa 4.3.

El clima es otro punto a tomar en cuenta ya que en los últimos años no ha llovido lo suficiente afectando a la recarga de las aguas subterráneas y superficiales.

Otro punto muy importante son las pérdidas en fugas ya que cada año en la ciudad de León se desperdicia el 33% a causa de estos incidentes. Esto se debe a que muchas de las veces las fugas se presentan en tuberías de redes muy antiguas.

En el siguiente mapa se identifica de nuevo toda la infraestructura con la que se cuenta en León, y se aprecian las zonas en las que esta tiene mayor presencia y en las que no y que se identifican para que se busque una acción que mitigue esta problemática y el suministro del agua sea de buen nivel. Además se agrega el crecimiento que tendrá en un futuro la ciudad de León, se puede apreciar que en la parte este y sur oeste de la ciudad es hacia donde se tendrá el mayor crecimiento, pero en esa parte se aprecia que se carece de pozos, tanques, plantas de tratamiento, líneas de conducción, etc. Lo que quiere decir que se deberán buscar alternativas anticipadamente que prevengan un problema mayor en el futuro.

INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA VS CRECIMIENTO URBANO



Mapa 4.12.- Infraestructura vs crecimiento urbano.

4.5.- El resultado de crear un SIG.

En esta parte se muestra un mapa (ver mapa 4.13) con toda la información recabada en este caso, con tan solo pulsar la tecla  y seleccionar una colonia, un pozo o algún tanque, etc. nos despliega toda la información que se tenga de estos elementos. Las posibilidades que se tienen de utilizar un método como este no tienen límites, ya que en cualquier disciplina es muy útil como medio de administración de información, planeación, análisis, etc. haciendo que cualquier situación que requiera una eficaz solución la tenga prontamente y con la mayor información de esta posible, a una sola orden.

Para un mejor ejemplo de esto se describirá una herramienta muy útil en el programa, esta es la herramienta de búsqueda y está representada con el icono , se activa dándole un clic y aparece la ventana de la figura 4.30, en este cuadro de dialogo solo es necesario poner el nombre de algún pozo, tanque etc., y al dar aceptar, automáticamente el programa lo localiza y lo pone en color amarillo, con esto se puede activar el icono de información  o el icono de hipervínculo  y seleccionar el elemento buscado, y nos despliega su información y su fotografía respectivamente. Ver figura 4.31.

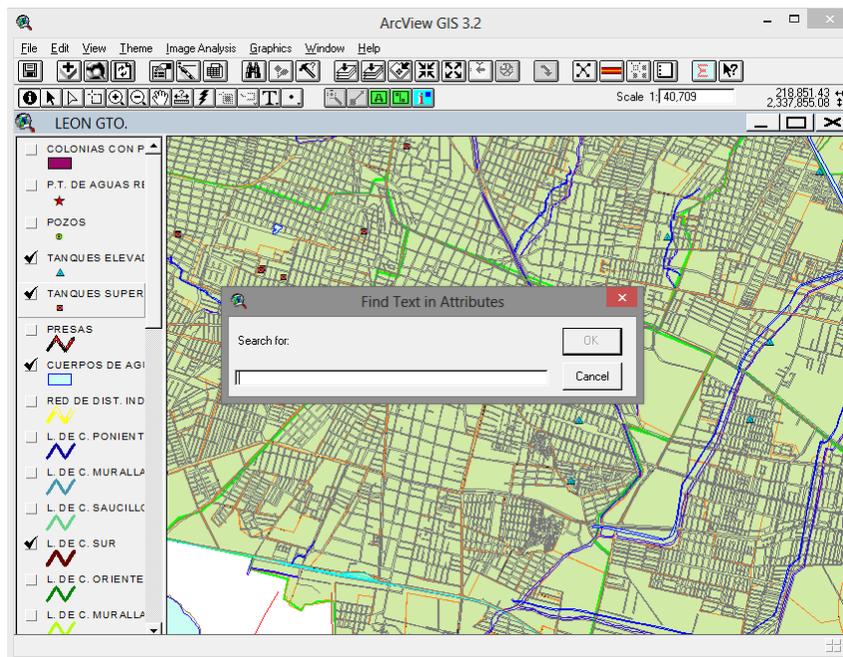


Fig. 4.30.- Búsqueda de un elemento.

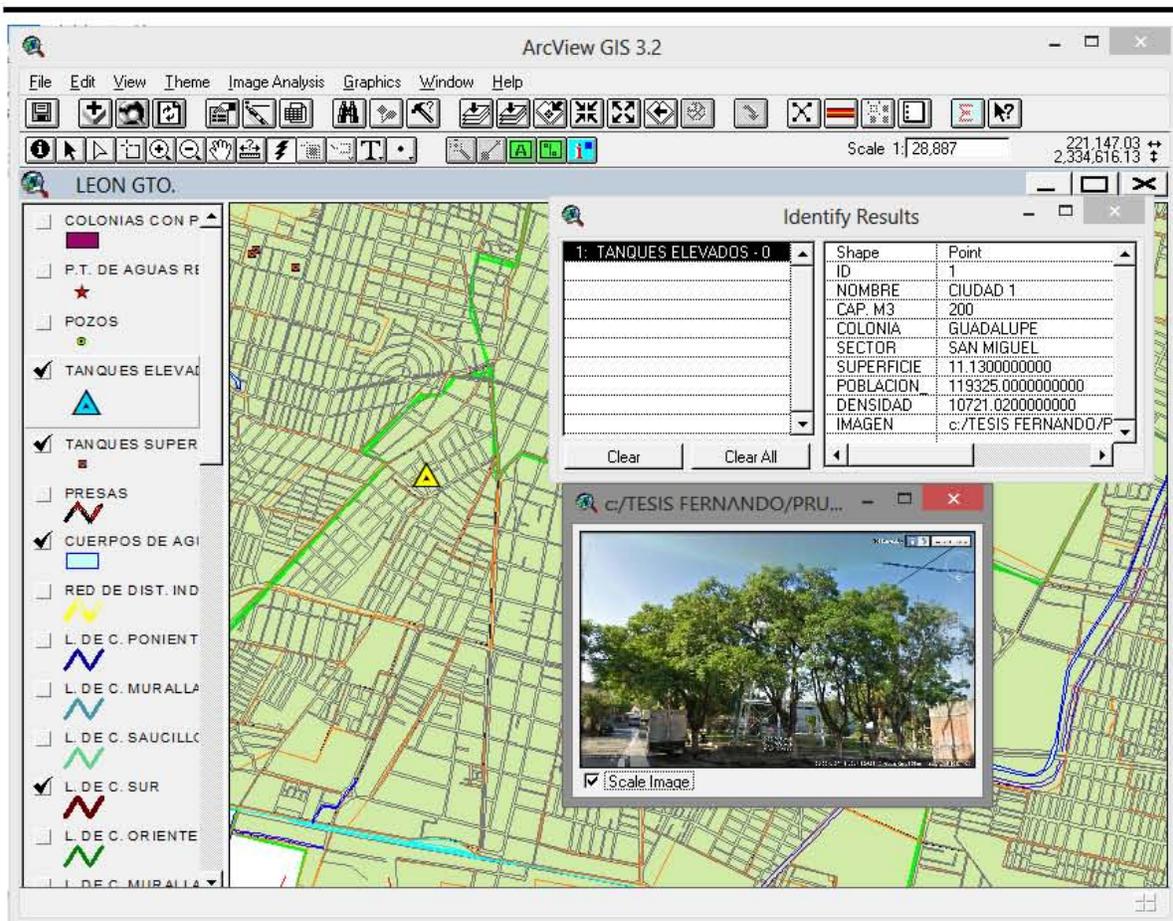


Fig. 4.31.- La información de un elemento buscado.

CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.- Conclusiones.

El suministro de agua a una ciudad en crecimiento siempre ha sido un gran reto para las autoridades, el constante aumento de la población provoca un incremento desmedido de la mancha urbana, provocando la carencia del agua en muchas partes de la ciudad.

Debido a este crecimiento y a que el agua que se surte a la ciudad es extraída del subsuelo, los acuíferos han tenido una disminución en su capacidad ya que al crecer desmedidamente la mancha urbana no se permite la adecuada recarga al acuífero obligando a pensar en posibles soluciones a esto.

Es imposible impedir que una ciudad como León crezca, pero no es imposible utilizar los métodos necesarios para organizar este crecimiento y la ubicación de la infraestructura hidráulica necesaria para surtir del vital líquido a la a las zonas antiguas y nuevas de la ciudad.

Como se pudo apreciar durante el desarrollo de este trabajo la ciudad León, ha crecido hacia la parte noroeste y hacia la parte este, donde se espera o se planea que crezca la ciudad, pero si analizamos los mapas observaremos que en esta parte se carece de las instalaciones para poder suministrar el agua en esta zona, lo que nos indica que gracias a la utilización de un SIG se puede identificar cualquier percance o situación para una pronta atención y prevenir sucesos futuros, que impidan el suministro de agua, por ejemplo el crecimiento urbano, zonas con problemas, alguna fuga en una colonia, etc.

En este trabajo se identifico esta problemática, y a su vez mostro la aplicación de los sistemas de información geográfica, ya que estos hoy en día son una herramienta tecnológica muy útil capaz de administrar tanta información como sea posible, como se hizo con el sistema empleado en este proyecto donde se ingreso toda la información disponible, y se generaron los mapas para identificar la problemática en estudio, y se comprobó su eficiencia y utilidad de los SIG.

5.2.- Recomendaciones.

El desarrollo de las ciudades requiere que sus organismos operadores de agua presten los servicios de manera confiable y adecuada para lo cual es necesario contar con una infraestructura sólida y suficiente así como de métodos adecuados para poder administrar correctamente este recurso tan importante para la población.

Es recomendable la utilización de un sistema de información geográfica que sea tan completo, que incluya información actualizada al día de las situaciones que afectan a la infraestructura de la ciudad, para prever que el suministro de agua sea constante y eficiente.

Otro punto muy importante es seguir con las campañas por parte de los organismos correspondientes para concientizar a la población sobre el adecuado uso del recurso hídrico, sabemos que esto es muy repetitivo y que puede sonar a cliché, pero por desgracia el contar con agua no solo es responsabilidad de las autoridades, por lo tanto, esto debe de continuar antes de que los problemas sean mayores.

La solución a esto está en cada uno de nosotros, usemos el agua responsablemente.

BIBLIOGRAFÍA.

- Cesar Váldez, Enrique, “Abastecimiento de agua potable”, Volumen I, División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, UNAM, México (1990).
- Comisión Nacional del Agua, “Atlas del Agua en México”. Edición 2013.
- Comisión Nacional del Agua, “Estadísticas del Agua en México”. Edición 2011.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Redes de distribución. Edición 2007.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, “Guía de Diseño de Redes de Agua potable con Uno o Varios Tanques y Fuentes de Abastecimiento”. Edición 2007.
- Comisión Nacional del Agua. Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento, “Lineamientos Técnicos para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado”, México (1994).
- INEGI. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos. León, Guanajuato. Edición 2009.
- Instituto Municipal de Planeación, “Prontuario de Proyecciones Demográficas León 2008-2030”.
- Mancebo Quintana, S.; Ortega Pérez, E.; Valentín Criado, A. C.; Martín Fernández, “L. LibroSIG: aprendiendo a manejar los SIG en la gestión ambiental”. Madrid, España. Edición 2008.
- Nieves Lantada Zarzosa, M. Amparo Núñez Andrés, “Sistemas de Información Geográfica, Practicas con ArcView”. Alfaomega. Primera edición 2004.
- Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, “El Agua en León”. Edición 2009.
- Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León, “Trayectoria y Futuro”. Edición 2012.
- Sotelo A., G., “Hidráulica General”, LIMUSA, México (1987).

REFERENCIAS DE INTERNET

Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/urbana/default.aspx>
- <http://www.cuentame.inegi.org.mx/>

Comisión Nacional del Agua.

- <http://www.conagua.gob.mx/>
- <http://siga.cna.gob.mx/atlas/>
- <http://smn.cna.gob.mx/>

Sistemas de información Geográfica.

- <http://www.gabrielortiz.com/>

Sistema Estatal de Información del Agua.

- <http://seia.guanajuato.gob.mx/seianuevo/seiawordpress/>

Consejo Nacional de Población.

- <http://www.conapo.gob.mx/>