

71
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SAN MIGUEL DE ALLENDE, GTO.

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
JORGE HERNANDEZ ALVAREZ

**TESIS CON
FALTA DE ORDEN**



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 está 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.

**DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE AGUA
POTABLE DE LA CIUDAD DE
SAN MIGUEL DE ALLENDE GTO.**

CAPITULOS :

I INTRODUCCION

II ANALISIS DE DEMANDAS

III INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EXISTENTE

IV PLAN PROPUESTO PARA ACCIONES INMEDIATAS Y FUTURAS

V CONCLUSIONES

C O N T E N I D O

	PAG.
I. INTRODUCCION	
1.1 Perfil historico cultural	1
1.2 Antecedentes	3
1.2.1 Objetivos	4
1.2.1.1 Descripcion del área en estudio	4
II. ANALISIS DE DEMANDAS	
II.1 Población	8
II.1.1 Población económicamente activa	9
II.2 Población Actual y Futura	9
II.2.1 Población Actual	10
II.2.2 Población Futura	13
II.3 Demandas de agua potable	16
II.3.1 Demanda requerida por la ciudad (1990)	16
II.3.2 Demanda real de la ciudad	13
II.3.2 Demandas futuras	19

III.	INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EXISTENTE	
III.1	Obras de captación	23
III.1.1	Medición de caudales	25
III.1.1	Identificación de fuentes de abastecimiento	26
III.1.3	Otras fuentes de abastecimiento	29
III.2	Líneas de conducción	31
III.2.1	Análisis de las líneas de conducción	33
III.2.2	Tanques de regularización	42
III.3	Sistema de potabilización del agua	48
III.4	Red de distribución	50
III.4.1	Análisis Hidráulico de la red de distribución	54
III.4.2	Simulaciones en red de distribución	72
III.5	Características generales de la administración del sistema de agua potable	86
IV.	PLAN PROPUESTO PARA ACCIONES INMEDIATAS Y FUTURAS	
IV.1	Acciones propuestas a corto plazo	87
IV.2	Estudios propuestos a corto y mediano plazo	90
V.	CONCLUSIONES	92

I INTRODUCCION

1.1 PERFIL HISTORICO

La ciudad de San Miguel El Grande, conocida actualmente como San Miguel de Allende fue fundada en el año de 1542, por Fray Juan de San Miguel

Esta ciudad se localiza en el estado de Guanajuato, se originó de un pueblo, el cual se abastecía de agua de un manantial cercano llamado Izquinapan, que significa " río de perros " al sur de la ciudad, conocido en la actualidad como manantial del chorro.

En el año de 1561 el Virrey Luis de Velazco, autorizó al Alcalde mayor de la jurisdicción que concediera terrenos en la villa de San Miguel, para la estancia de ganado menor, solicitado por los vecinos y moradores, lo que permite que el número de sus habitantes se incrementa, formando así parte de la alcaldía mayor de Xilotepec, con la categoría de alcaldía.

En marzo de 1826 por decreto del congreso constituyente fue nombrada ciudad de San Miguel de Allende, cuyas características principales la hacían un centro mercantil, industrial y agrícola de mucha importancia, debido al paso obligado por esta ciudad para llegar a las minas de Guanajuato, San Luis y Zacatecas.

La ciudad de San Miguel de Allende, forma parte de los hechos históricos de la independencia de México ya que se recuerda por ser el lugar donde se encuartelaron las fuerzas insurgentes y se

les incorpora Mariano Abasolo, así también por ser el lugar de origen de algunos personajes ilustres como Ignacio Riva de Naira, Ignacio José Allende etc.

El estilo Virreinal que se tiene en la ciudad, así como sus monumentos arquitectónicos, son otras de sus características que han convertido a la ciudad de San Miguel de Allende en un lugar muy visitado por el turismo nacional como extranjero.

El turismo y la elaboración de artesanías son sus principales fuentes de ingreso para la población, por un lado como prestadores de servicios y por otro lado en la venta de una variada producción artesanal, como vidrio, latón, papel mache, hilados y tejidos etc.

1.2. ANTECEDENTES

Durante las últimas décadas, se ha observado en la ciudad de San Miguel de Allende un acelerado crecimiento de población, debido a que por ser un lugar turístico gran cantidad de personas han llegado a esta ciudad con el propósito de prestar sus servicios, otras personas llegan con la idea de vivir en esta ciudad, para disfrutar de la tranquilidad con que se vive, así como de su estilo colonial que aún se conserva en la ciudad.

Esto ha traído como consecuencia serios problemas para el suministro de los principales servicios requeridos por la población de San Miguel de Allende.

El suministro de agua potable cada día es más escaso, debido a la irregularidad de la lluvia ya que se presentan con frecuencia sequías e inundaciones que causan diversos trastornos a la población, cuyo sistema de abastecimiento de agua potable no ha crecido en igual proporción que la población que lo demanda.

Por este motivo se realizó un diagnóstico del sistema de agua potable de la ciudad de San Miguel de Allende y de otras ciudades de la zona del Bajío como Guanajuato, Irapuato y Celaya localizadas en el estado de Guanajuato.

El diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable, que se presenta como tema de este trabajo, está enfocado a determinar las condiciones actuales del sistema, así como las acciones necesarias para obtener un buen funcionamiento, mediante

los siguientes objetivos.

1.2.1 OBJETIVOS

Entre los principales objetivos que se persiguen en este trabajo son:

- Identificar las obras faltantes o que operen ineficientemente en el sistema.
- Identificar los problemas de operación en el sistema de abastecimiento de agua potable .
- Definir acciones inmediatas para mejorar las condiciones de operación del sistema .

1.2.1.1 DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO

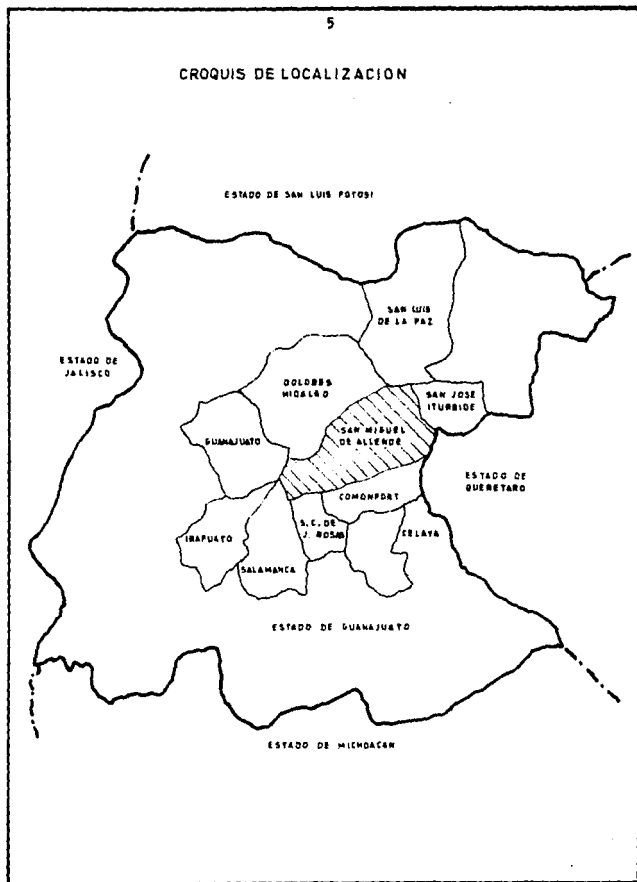
LOCALIZACION

La ciudad de San Miguel de Allende está situada a los $100^{\circ} 44' 4''$ al oeste del meridiano de Greenwich y a los $20^{\circ} 54' 52''$ latitud norte . Su elevación sobre el nivel del mar es de 1870 metros .

El área comprendida por el municipio es de 1496.30 Km^2 , siendo el 4.89 % de la superficie total del estado de Guanajuato.

Sus colindancias son: al norte con los municipios de San Luis de la Paz y Dolores Hidalgo; al oeste con Dolores Hidalgo, Guanajuato y Salamanca; al sur con Juventino Rosas y Comonfort; al este con el estado de Queretaro y al noreste con el municipio de

CROQUIS DE LOCALIZACION



San José de Iturbide.

HIDROGRAFIA

El principal río que cruza el municipio de San Miguel de Allende es el río de las Lajas, que recibe sobre su margen izquierda los arroyos de Calderones, Ezequía, arroyo Lejona, chinchas, los López, la Arena, Abotonico, arroyo Seco y la Petaca. Por su margen derecha recibe las descargas de los ríos de Talayote, San Agustín, Cieneguita y los Ricos. En este río se construyó la presa Ignacio Allende que tiene como propósito regular las aguas del río de las Lajas.

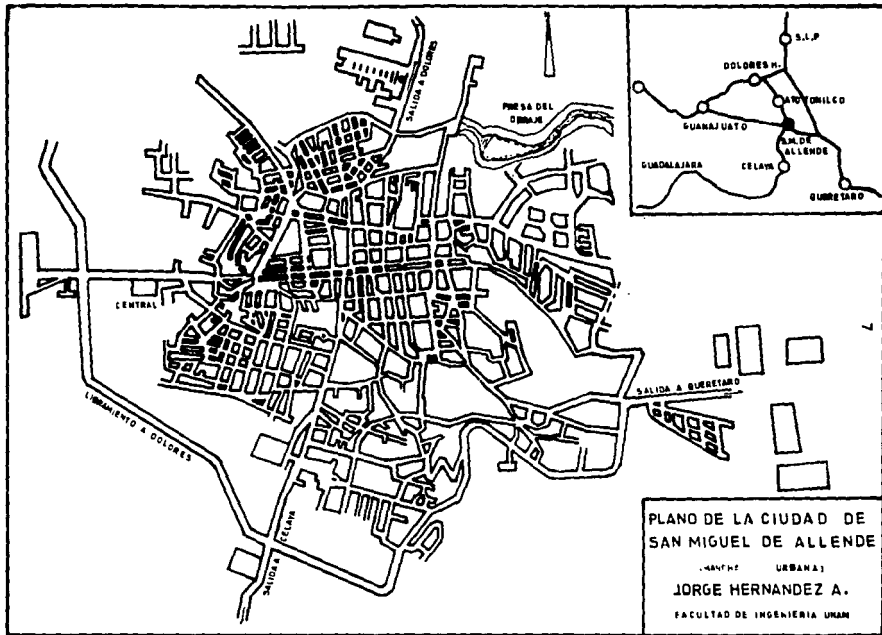
Existen también manantiales de aguas termales y alcalinas, que son aprovechados para balnearios, así como aguas sulfúreas que alcanzan temperaturas de 39°C .

CLIMA

El clima que predomina en este lugar es el de seco-templado con verano moderadamente cálido y lluvioso, con temperatura media, con variaciones entre 16 y 22°C y con invierno seco.

OROGRAFIA

El municipio de San Miguel de Allende, está rodeado al oeste por la sierra de Guanajuato, al sur por la sierra de Codornices,



con algunas llanuras y cerros.

CLASIFICACION DEL SUELO

El tipo de suelo es el Phaeozem Halpico y Phaeozem Lúvico con Litosol, que predominan en casi todo el municipio, con textura media con pendientes entre 8 y 20 %, y en una menor superficie se tienen los suelos de tipo Chernozem Lúvico con una textura franco arenosa a arcilla limosa.

III ANALISIS DE DEMANDAS

III.1 POBLACION

El número de habitantes que tiene actualmente la ciudad, es uno de los aspectos más importantes, que permite conocer la demanda de agua potable requerida por la población, tanto actual como futura, ya que en los últimos años se ha incrementado esta población considerablemente, en la zona nororiental y surponiente de la ciudad de San Miguel de Allende, con un densidad promedio de 52 habitantes por km^2 en el año de 1980.

No obstante la población tiene una infraestructura educativa, que cubre la demanda de los niveles prescolares, primario, medio básico y medio superior .

Además cuenta con un centro cultural y centros de lenguas extranjeras.

En cuanto a la salud, se tiene una cobertura de servicios restringida para la población con instalaciones como una clínica

hospital, una unidad médica familiar que es del IMSS y un puesto peritérico del ISSSTE.

III.1.1 POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

Dentro del marco económico, en la ciudad de San Miguel de Allende existe una población económicamente activa, sectorialmente distribuida en actividades como la agricultura, economía, ganadería, industria, explotación forestal, comercio y turismo.

III.2 POBLACION ACTUAL Y FUTURA

No existe un número preciso, en cuanto al número de habitantes que actualmente hay en la ciudad de San Miguel de Allende.

El organismo operador del sistema, reporta una población total de 105 000 habitantes, en la cual se estima una población flotante de 15 000 habitantes.

Con el fin de establecer la población para el desarrollo de este trabajo, se calculo la población con la siguiente información

- Censos de población y vivienda de 1960, 1970 y 1980.
- Información del organismo operador - I.F.E.

a) Cálculo de Población con el método aritmético que considera que el supuesto aumento de población anual, es constante.

METODO ARITMETICO

AÑO	NUM. DE HABITANTES	INCREMENTO MEDIO ANUAL	NUM. DE AÑOS
1960	14 891	0	0
1970	24 286	9 395	10
1980	30 000	5 714	10
	SUMA	15 109	20

UTILIZANDO LA FORMULA

$$Pa = Pu + (I \times N)$$

Donde

Pa = Población actual

Pu = Población del último año

I = Incremento medio anual

N = Numero de años

Y definiendo a I como:

$$I = \frac{\text{Suma de los incrementos anuales}}{\text{Número de años de registro}}$$

Cálculo de la población :

$$Pa = 30 000 \text{ habitantes}$$

$$f = \frac{15\ 109}{20} = 755.45$$

$$N = 10$$

$$Pa = 30\ 000 + (755.45 \times 10)$$

$$Pa = 30\ 000 + 7554.50$$

$$Pa = 37\ 554.5$$

Por lo tanto, la población para el año de 1990 resulta de 37 555 habitantes.

b) Cálculo de la población con información recopilada del sistema de agua potable.

En base al número de tomas domiciliarias y del número de contratos de electricidad la población es :

$$\text{Población (1990)} = \text{num. tomas} \times 6$$

$$\text{Población (1990)} = 9\ 500 \times 6$$

$$\text{Población (1990)} = 57\ 000 \text{ hab. con un nivel de servicio del } 60\%$$

Por lo que para un nivel de servicio del 100 % , se tendría una población de 71 250 habitantes para el año de 1990.

De igual manera se calculo la población con los datos de la Comisión Federal de Electricidad, con un nivel de servicio del 80 % y 11 900 tomas eléctricas, resulta una población de 71 400 habitantes.

Para un nivel de servicio del 100 % la población es de 89 250 habitantes.

Los resultados se resumen en la siguiente tabla.

TABLA DE POBLACIONES

FUENTE	POBLACION (habitantes)
Población que reporto el Organismo operador	90 000
Población calculada con:	
Datos de censos de población	37 555
Con Num. de tomas domiciliarias	71 250
Con Num. de contratos de C.F.E	69 250

En los resultados indicados en la tabla se observa un variación notable, al calcular la población con diferente información. Para este trabajo se consideró el valor de 89 250 habitantes y para complementar la población se considera 15 000 habitantes como población flotante, tomando en cuenta con esto la gente que por algún motivo visita este lugar .

Por lo tanto la población de la ciudad de San Miguel de Allende es de:

Población fija 89 250 hab.

Población flotante 15 000 hab.

Población total para (1990) es 104 250 hab.

11.2.2 POBLACION FUTURA AL AÑO 2010

Para calcular la población de proyecta o población futura se empleó el método, que consiste en suponer que la población tendrá un crecimiento análogo al que sigue un capital primitivo, donde el rédito se considera como factor de crecimiento.

$$P_f = \frac{P_a}{(1+i)^n}$$

P_a = Población actual .

P_f = Población futura .

n = Número de años .

i = Tasa de crecimiento .

Si se considera que la tasa de crecimiento en los próximos 20 años sería igual a la tasa de crecimiento promedio de años anteriores, es decir que permanece constante .

ANO	NUMERO DE HABITANTES	TASA DE CRECIMIENTO % (1)
1960	14 891	
1970	24 286	5.013
1980	30 000	2.135

El promedio de la tasa de crecimiento para cada 10 años es igual a 3.574 % .

Población para el año 2000 .

$$P_f = 104\ 250 \times (1+0.03574)^{10}$$

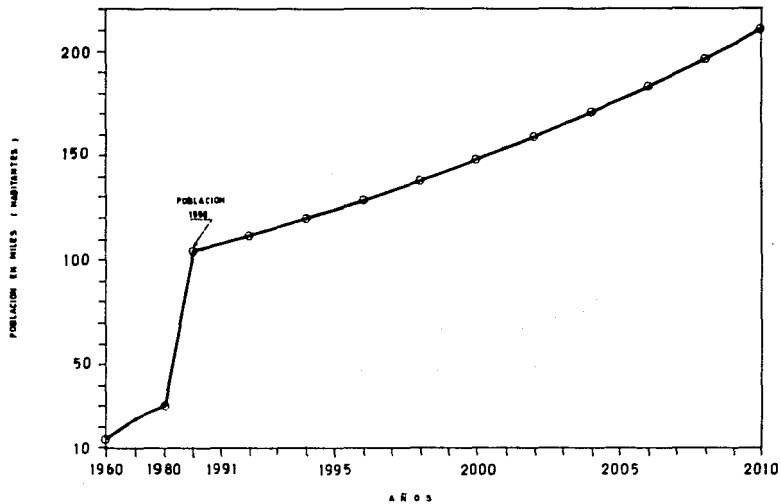
$$P_f = 148\ 109.72$$

La población para el año 2000 es de 148 110 habitantes.

Para el año 2010 la población será de 210 422 habitantes .

En la gráfica se muestra la proyección de población que tendrá la ciudad de San Miguel de Allende.

GRAFICA DE PROYECCION DE POBLACION PARA LA CIUDAD



11.3 DEMANDAS DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD

11.3.1 DEMANDA REQUERIDA POR LA CIUDAD (1990)

Es oportuno hacer énfasis, en que para fijar la demanda de agua potable en una localidad, la dotación ejerce una notable influencia, ya que está en función de una serie de factores inherentes a la propia localidad que se abastece y por considerar las diferentes formas de consumos necesarios para una ciudad, como son de uso doméstico, comercial e industrial incluyendo las pérdidas y desperdicios.

Por lo que la dotación se define como la cantidad media anual de agua que se le asigna a cada habitante, en litros / habitante / día.

DEMANDA REQUERIDA

Para el cálculo de la demanda, el valor de la dotación es el de las normas de proyecto para abastecimiento de agua potable (sedue), dada en función del clima y el número de habitantes de la ciudad.

TABLA DE DOTACIONES

POBLACION DE PROYECTO No. de habitantes	DOTACION EN LIT/HAB/DIA		
	calido	templado	frios
DE 2 500 A 15 000	150	125	100
DE 15 000 A 30 000	200	150	125
DE 30 000 A 70 000	250	200	175
DE 70 000 A 150 000	300	250	200
DE 150 000 O MAS	350	300	250

Con la formula

$$Q_{ma} = \frac{P \times D}{86\ 400}$$

donde

Q_{ma} = Es el gasto medio que se consume en cualquier día del año en litros/segundo.

P = Es la población actual o de proyecto.

D = Es la dotación en litros / habitante / día.

Al sustituir valores

$$Q_{ma} = \frac{104\ 250 \times 250}{86\ 400} = 301.65 \text{ lit./seg.}$$

Por lo tanto, el gasto que se requiere para satisfacer la demanda es de 302 lit./seg.

11.3.2 DEMANDA REAL DE LA CIUDAD

La dotación actual que se suministra, a la población de San Miguel de Allende, es de 200 lit./hab/día, que resulta menor en un 20 % a la que se recomienda por las normas de agua potable.

Esto es debido a que la dotación, se ha ajustado al gasto potencial de sus fuentes de abastecimiento, y a las necesidades de la localidad, así como a sus posibilidades físicas, económicas, sociales y políticas.

demanda real

$$Q_{ma} = \frac{104\ 250 \times 200}{86\ 400} = 241.32 \text{ lit./seg.}$$

Al comparar resultados con el gasto potencial teórico, que es la suma de los gastos de diseño de cada una de los pozos, que reporta el organismo operador, se obtiene la siguiente tabla.

Demanda Requerida	=	302	lit./seg.
Demanda Real	=	241	lit./seg.
Gasto potencial teórico	=	265	lit./seg.

Se observa que al reducir la dotación a la población, sí es posible cubrir la demanda real que actualmente existe en la ciudad.

Con respecto a la demanda requerida se tiene un déficit de 37 lit./seg.

Reflejando esto, el acelerado crecimiento de población que ha sufrido la ciudad, así como la escases de agua que se presenta actualmente.

11.3.3 DEMANDAS FUTURAS PARA LA CIUDAD

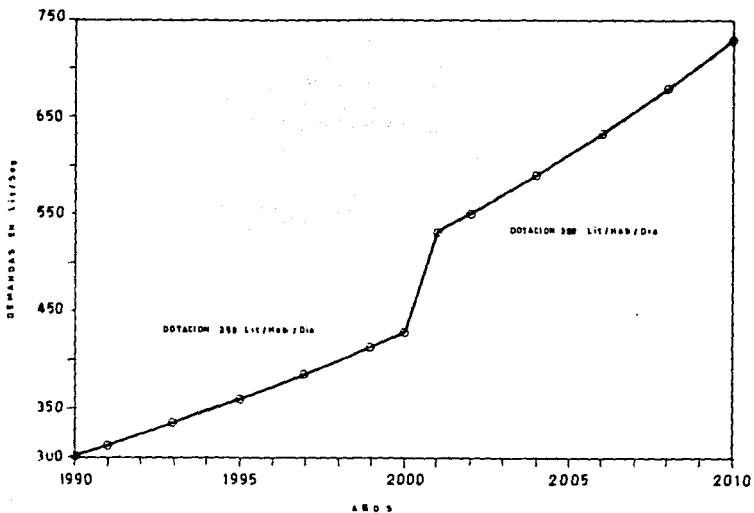
A fin de hacer una estimación de las necesidades futuras de agua potable para la ciudad, se calcularon las demandas futuras.

De acuerdo con la proyección de población realizada y de los valores de dotación propuestos por las normas, las demandas en los próximos 20 años para la ciudad de San Miguel de Allende, se muestran en la tabla.

DEMANDAS FUTURAS PARA LA CIUDAD

ANO	POBLACION habitantes	DOTACION lit./hab./seg	DEMANDA Qma lit/seg
1990	104 250	250	301.65
1991	107 976	250	312.43
1992	111 635	250	323.60
1993	115 832	250	335.15
1994	119 972	250	347.14
1995	124 250	250	359.55
1996	128 701	250	372.40
1997	133 300	250	385.71
1998	138 055	250	399.49
1999	142 999	250	413.77
2000	148 110	250	428.56
2001	153 403	300	532.65
2002	158 886	300	551.69
2003	164 554	300	571.40
2004	170 446	300	591.83
2005	176 538	300	612.98
2006	182 847	300	634.89
2007	189 382	300	657.58
2008	196 151	300	681.08
2009	203 151	300	705.42
2010	210 422	300	730.63

GRAFICA DE DEMANDAS FUTURAS PARA LA CIUDAD



Esto demuestra que el crecimiento demográfico en la ciudad, demandará mayor cantidad de agua potable en los próximos 20 años, por lo que es de fundamental importancia emprender estudios prospectivos que miren objetivamente la evaluación de las reservas existentes en la ciudad.

Cabe mencionar que en la evaluación de estas demandas, se calculó el gasto medio anual Qma.

III.4 RESUMEN

La estimación de la población para 1990, difieren notablemente posiblemente debido a un incremento súbito de 1980 a 1990.

Se tomaron como buenas las siguientes estimaciones :

1980	30 000 habitantes
1990	104 250 habitantes
2000	148 110 habitantes
2010	210 422 habitantes

El abastecimiento actual es de 265 lit/seg y corresponde a una dotación de 200.00 lit/hab./día que resulta del 20 % inferior a la recomendada en las normas de la SEDUE.

Se prevé un incremento considerable en la demanda por lo que se recomienda hacer estudios prospectivos que permitan aumentar la disponibilidad de el agua.

III. INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA EXISTENTE

A fin de conocer la situación actual, en el sistema de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de San Miguel de Allende Gto. se describe las principales obras que lo integran.

III.1 OBRAS DE CAPTACION

Las fuentes de abastecimiento de la ciudad de San Miguel de Allende son: 8 pozos localizados en su periferia, de los cuales cuatro están conectados directamente a la red de distribución y los otros bombean el agua a tanques de regularización, mediante dos líneas de conducción.

La ubicación de estos pozos con respecto al centro de la ciudad es la siguiente.

- Al norte el pozo Mexiquito
- Al noroeste el pozo Guadalupe
- Al oeste el pozo San Antonio I
- Al suroeste el pozo San Antonio II
- Al este los pozos Landeta I y II
- Al sureste los pozos La Luz e Insurgentes

Los pozos conectados directamente a la red de distribución

son:

Pozo Mexiquito

Pozo San Antonio I

Pozo Guadalupe

Pozo San Antonio II

III.1.1 MEDICION DE CAUDALES

Con objeto de corroborar la información proporcionada por el organismo operador y obtener una medición de los gastos extraídos de cada una de las fuentes de abastecimiento, se aforó el flujo de cada una de estas fuentes.

Para esto se empleo el método de pitometría cuyas mediciones son interpretadas con base en las ecuaciones fundamentales de la hidráulica, reduciendo al mínimo las posibles distorsiones del flujo al efectuarse la medición.

Se instaló una válvula de inserción en la tubería de descarga de cada uno de los pozos para adaptar el dispositivo de medición, ya que no se cuenta con ninguna preparación para realizar algún tipo de medición, en la tabla se indican los resultados obtenidos.

POZO	Q. DISEÑO lit./seg.	AFOROS REALIZADOS Q lit./seg	P kg/cm ²	DIFERENCIA DE GASTOS
Maviquito	40	27	0.60	-13.0
Guadalupe	25	24	3.0	- 1.0
San Antonio I	45	56	3.0	+11.0
San Antonio II	20	20	-----	-----
Landeta I	35	-----	-----	-----
Línea Landetac	-----	17	3.6	-18.0
Landeta II	30	-----	-----	-----
La Luz	30	16	3.1	-14.0
Insurgentes	40	34	1.9	- 6.0
TOTAL	265	224	-----	-41.0

De los valores indicados se observa que el gasto potencial medido es de 224 lit/seg. Existe un déficit de 41 lit/seg con respecto al gasto teórico que reporta el organismo operado.

Debido a que al realizar las mediciones, se detectó que los pozos con menor gasto están bombeando aire, se efectuó una segunda medición para verificar los resultados.

Detectando nuevamente que los pozos conectados a las líneas de conducción bombean demasiado aire.

III. 1. 2. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES

Con la finalidad de conocer las condiciones físicas de cada una de estas fuentes, se levantó la información básica, así como sus principales características de funcionamiento.

Pozo	Tiempo de operación horas	Díametro de descarga pulgadas	Condiciones equipo eléctrico	Tipo de motor
Mexiquito	24	5	bueno	superficial
Guadalupe	24	6	bueno	superficial
San Antonio I	24	8	bueno	superficial
San Antonio II	24	6	bueno	sumergible
Landeta I	24	6	bueno	superficial
Landeta II	24	6	bueno	superficial
Insurgentes	24	6	bueno	superficial
La Luz	24	8	bueno	sumergible

FUNCIONAMIENTO DE LOS POZOS

Pozo Mexiquito: Abastece a dos tanques de regularización y a la red de distribución.

Pozo Guadalupe: Abastece a los tanques, Santa Julia, Olimpo, Independencia y a la red de distribución.

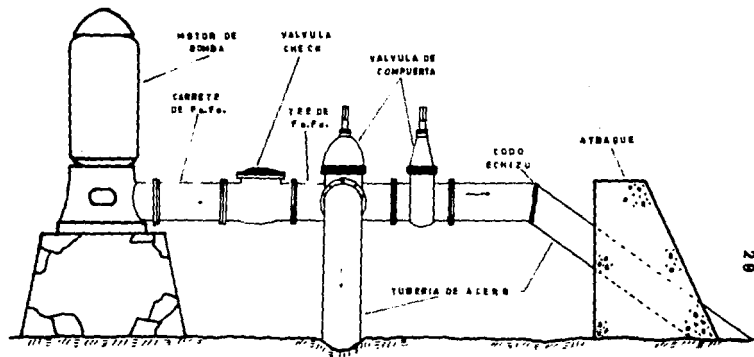
Pozo San Antonio I: Bombea el agua directamente a la red de distribución.

Pozo San Antonio II: Funciona temporalmente, según las necesidades de la población.

Pozos Landeta I y II: Están conectados a las líneas de conducción Landeta el molino, abastecen a los tanques el molino, Arcos de San Miguel y Balcones.

Pozo La Luz e Insurgentes: Abastecen a los tanques el molino y el Caracol, mediante la línea de conducción La Luz e Insurgentes el molino y caracol, a la cual están conectados.

Para el mantenimiento de los Pozos, hay una persona en cada uno de éstos, encargada del mantenimiento y cuidado las 24 horas, así como de su operación.



29

FONTANERIA TIPO DE LOS POZOS

III.1.3 OTRAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO POTENCIAL

En el análisis de las obras de captación y toma de agua, se considera:

Aprovechar los escurrimientos del río la Laja, con la construcción de una galería filtrante, en el sitio llamado el Paso de los Ricos y mediante una línea de conducción de 16 Km. Llevar el agua a la ciudad, con un gasto de diseño de 200 lit/seg. ver fig. c

La presa Allende es otra de las fuentes que puede ser aprovechada, está construida sobre el cauce del río la Laja, a unos 10 km. al sureste de la ciudad.

Es posible aprovechar agua de la presa, con la construcción de una planta potabilizadora para las necesidades de la ciudad y bombear el agua por medio de una línea de conducción.

Otra de las fuentes que se puede aprovechar, es el agua subterránea, con la perforación de más pozos eligiendo su sitio de perforación de estudios geohidrológicos.

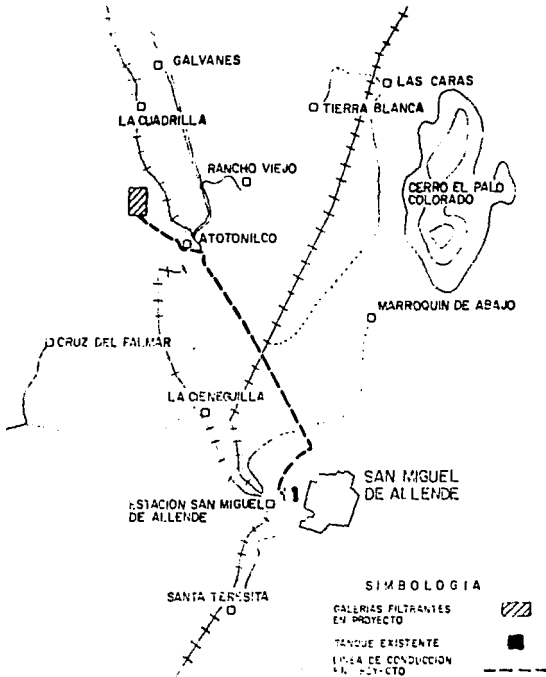


FIG. C LINEA DE CONDUCCION PASO DE LOS RICOS
A SAN MIGUEL DE ALLENDE

111.2 LINEAS DE CONDUCCION

DESCRIPCION DE LOS ACUEDUCTOS

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constituida por conductos y obras de arte, destinados a transportar el agua, desde la fuente de captación a un punto que pueda ser un tanque de regularización, una planta potabilizadora o la red de distribución.

Se considera unidades importantes del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de San Miguel de Allende, a sus dos líneas de conducción localizadas al oriente de la ciudad, conocidas con el nombre de:

Acueducto Landeta - El molino y Arcos de San Miguel

Acueducto la Luz e Insurgentes - El molino y Caracci

ACUEDUCTO LANDETA - EL MOLINO Y ARCOS DE SAN MIGUEL

Su funcionamiento es por bombeo, conduce el agua que se extrae de los pozos Landeta I y Landeta II, a los tanques Molino, Arcos de San Miguel y Balcones de donde se distribuye a la red de distribución por gravedad.

CARACTERISTICAS DEL ACUEDUCTO

- El equipo de bombeo, instalado en cada uno de los pozos funciona en forma paralela, con una potencia de 100 HP. cada uno.

- El material de las tuberías es de acero y asbesto cemento con diámetros de 6, 8, 10 y 12 pulgadas.

- Las condiciones físicas de las tuberías son adecuadas.

- No se tiene instalado ningún dispositivo de aforo de gastos.

- Abastece en forma simultánea a los tanques de regularización

Esta línea de conducción está diseñada para conducir un gasto de 65 lit/seg, aportando el pozo Landeta I 35 lit/seg y el pozo Landeta II 30 lit/seg, mediante tuberías de acero de 8 pulgadas de diámetro que se inician en la descarga de cada uno de los equipos de bombeo. Estas dos tuberías se unen para continuar con una sola tubería hacia los tanques el molino. Además como parte de la obra de conducción, se tiene una derivación para abastecer a los tanques Arcos de San Miguel y Balcones.

ACUEDUCTO LA LUZ E INSURGENTES - MOLINO Y CARACOL

Las fuentes de abastecimiento, que se conectan a esta línea de conducción, son los pozos la luz e insurgentes.

CARACTERISTICAS DEL ACUEDUCTO

- La conducción es por bombeo

- El equipo de bombeo instalado en cada uno de los pozos trabaja en forma paralela.

- Se tiene un punto de interconexión de las tuberías que inician en la descarga de cada uno de los pozos.
- El material de las tuberías es de acero, asbesto cemento y P.V.C con diámetros de 6, 8 y 10 pulgadas.
- Las tuberías se encuentran en buen estado físico.
- Se carece de dispositivos de aforo.
- Abastece a el tanque el caracol, en ciertas horas del día.
- Existen derivaciones no cuantificadas.
- El gasto de diseño es de 70 lit/seg.

III.2.1 ANALISIS HIDRAULICO DE LAS LINEAS DE CONDUCCION

Con la finalidad de verificar la capacidad del equipo de bombeo instalado en cada uno de los pozos se realizó el análisis hidráulico de las líneas de conducción.

ACUEDUCTO LANDETA - EL MOLINO Y ARCOS DE SAN MIGUEL

ANALISIS HIDRAULICO

Se calculó las pérdidas por fricción hf. Ya que en este tipo de obras, las pérdidas secundarias se consideran despreciables.

De la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{A}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

Donde A es el area de la sección del tubo en metros cuadrados.

$$A = \frac{3.1416 D^2}{4} = 0.785 D^2$$

$$R_h \text{ Radio hidraulico} = \frac{D}{4}$$

$$S \text{ Pendiente} = \frac{H}{L}$$

Sustituyendo

$$Q = \frac{0.785 D^2}{n} \times \frac{D}{4}^{0.6666} \times \frac{hf}{L}^{0.5}$$

Desarrollando y despejando hf. se obtiene la ecuación para calcular las perdidas.

$$Q = \frac{0.785 D^2}{n} \times \frac{D^{0.6666}}{4^{0.6666}} \times \frac{hf^{0.5}}{L^{0.5}}$$

$$\frac{Q n L^{0.5}}{0.785 D^2} \times \frac{4^{0.6666}}{D^{0.6666}} = hf^{0.5}$$

$$\frac{Q n L^{0.5}}{0.785 D^{2.6666}} \times 2.52 = hf^{0.5}$$

$$\left(\frac{Q n L^{0.5} \cdot 3.209}{D^{2.6666}} \right)^2 = (hf^{0.5})^2$$

$$\frac{Q^2 n^2 L 10.30}{D^{5.3333}} = hf$$

Donde

hf = Pérdidas por fricción en m.

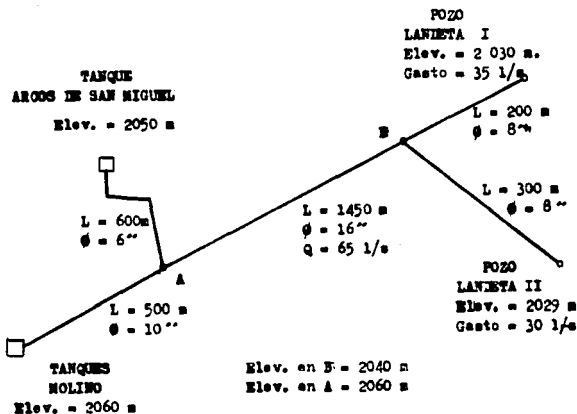
L = Longitud del tramo de tubería en m.

Q = Gasto de diseño en metros cúbicos / segundo

n = Coeficiente de rugosidad de manning.

D = Diámetro de la tubería en m.

PERDIDAS POR FRICCIÓN ACUEDUCTO LANDETA - EL MOLINO



De Pozo Landeta I al punto B.

$$hf = \frac{10.30 + 0.035^2 + 0.014^2 + 200}{0.203^{5.3333}} = 2.45 \text{ m.}$$

De Pozo Landeta II al punto B.

$$hf = \frac{10.30 + 0.030^2 + 0.014^2 + 300}{0.203^{5.3333}} = 2.70 \text{ m.}$$

Del punto B al punto A

$$hf = \frac{10.30 + 0.065^2 + 0.014^2 + 1450}{0.406^{5.3333}} = 1.51 \text{ m.}$$

El gasto que se conduce del del punto A al tanque Arcos de San Miguel, se calculó con la ecuación de manning.

$$L = 800 \text{ m}$$

$$n = 0.010$$

$$D = 6 \text{ pulg. } 0.152 \text{ m}$$

$$H = 10 \text{ m.}$$

$$Q = \frac{A}{n} Rh^{0.8566} S^{0.5}$$

$$Q = \frac{0.0181}{0.0100} \times 0.113 \times 0.1291 = 0.0264 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 26.4 \text{ lit / seg.}$$

El gasto que llega a los tanques el Molino es igual a:

$$Q = 65 - 26.4 = 39.60 \text{ lit./seg.}$$

Cálculo de pérdidas del punto A a los tanques el Molino.

$$H_f = \frac{10.30 + 0.0386^2 + 0.014^2 + 500}{0.0254^{5.3333}} = 2.13 \text{ m.}$$

Considerando las pérdidas por fricción.

Del pozo Landeta II al punto B =	2.7 m.
Del punto B al punto A =	1.50 m.
Del punto A a los tanques =	2.13 m.
TOTAL	6.33 m.

La carga a vencer es de:

$$H_t = 6.33 + 40 + 86 = 132.32 \text{ m}$$

Comparando la carga a vencer, con la potencia de un equipo de bombeo, con la fórmula:

$$P = \frac{\gamma Q H_t}{75 \eta}$$

Donde

P = Potencia en Hp

γ = Peso específico del líquido a elevar

Q = Gasto de descarga en $m^3/\text{seg.}$

H_t = Carga total

η = Eficiencia del sistema de bombeo

Admitiendo una eficiencia del equipo de bombeo del 70 por ciento y despejando la carga disponible del equipo.

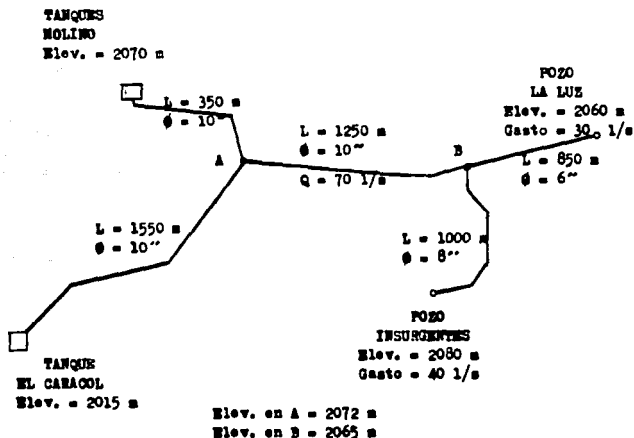
$$H_t = \frac{P \cdot \gamma \cdot \eta}{Q}$$

$$H_t = \frac{100 \times 75 \times 0.70}{100 \times 0.035} = 150 \text{ m.}$$

Por lo que 150 es mayor que 132.32 m.

ACUEDUCTO LA LUZ E INSURGENTES EL MOLINO Y CARACOL

El analisis de este acueducto se realizo de igual forma que el Acueducto Landetas el Molino - Arcos de San Miguel.



Calculo de Perdidas.

TRAMO	PERDIDAS POR FRICCIÓN hf.
Del pozo la Luz al punto B	35.34 m.
Del Pozo Insurgentes al punto B	16.00 m.
Del punto B al punto A	17.52 m.
Del punto A a los tanques Molino	4.9 m.
Del punto A al tanque el Caracol	8.68 m.

La carga a vencer por fricción del pozo la luz a los tanques el Molino, es de 57.76 m.

Y la carga total a vencer es :

$$H_t = 57.76 + 10 + 95 = 162.76 \text{ m.}$$

Comparando con la capacidad del equipo de bombeo del pozo la Luz.

$$H_t = \frac{100 \times 75 \times 0.70}{1000 \times 0.030} = 175 \text{ m.}$$

Por lo tanto 175 m. es mayor a 162.76 m.

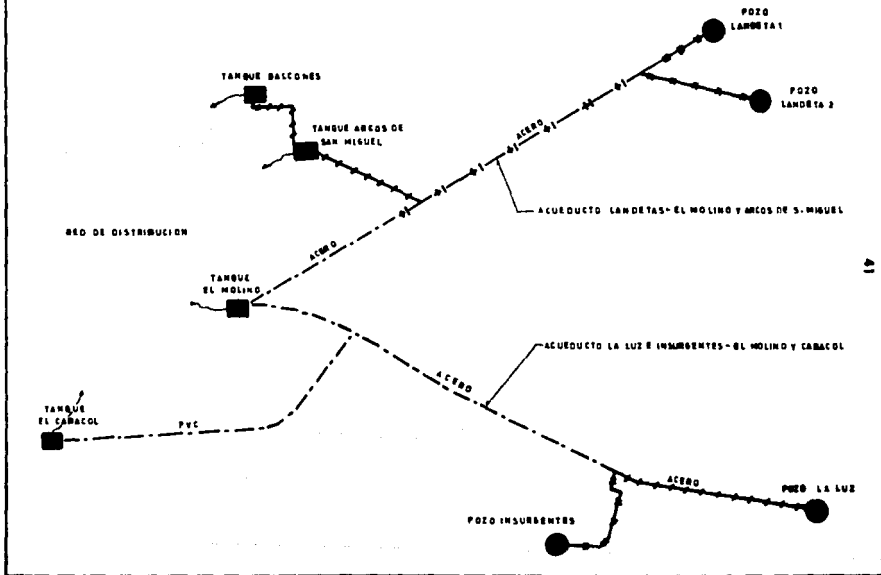
Por lo que se puede concluir, que los equipos de bombeo que integran las líneas de conducción, si tienen capacidad para bombear y conducir el gasto de diseño.

Lo que no se cumple realmente, ya que el gasto que se conduce por las líneas, es variable y menor al gasto de diseño, debido a la gran cantidad de aire que es bombeado por los equipos, según se detectó al realizar las mediciones.

Asimismo es importante señalar que las posibles causas que dificultan el funcionamiento son:

- Inicio de abatimiento del pozo lo que reduce el gasto de

SISTEMA DE CONDUCCION AL ESTE DE LA CIUDAD



extracción.

- La variación del nivel dinámico por su tiempo de operación
- Deterioro de los equipos de bombeo.

III.2.2 TANQUES DE REGULARIZACION

Por lo que se refiere a los tanques de almacenamiento y regularización, que abastecen al sistema de distribución de la ciudad de San Miguel de Allende, se cuenta con 10 tanques con diferentes condiciones de conservación, localizados de la siguiente manera.

Al norte los tanques Mexiquitos

Al oeste los tanques Independencia, Santa Julia y Olimpo

Al sur el tanque el caracol

Al este los tanques el Chorro, los Molinos, Arcos de San Miguel y tanques Balcones.

Siete de estos tanques están conectados directamente a la red de distribución; tres de ellos funcionan como hidrantes en zonas mas alejadas del centro de la ciudad.

TANQUES DEL SISTEMA

TANQUE	CAPACIDAD m ³	TIPO
Arcos de San Miguel	1 000	Superficial
Molino I	800	Superficial
Molino II	200	Enterrado
Mexiquito	600	Superficial
Mexiquito	200	Enterrado
El Caracol	600	Superficial
Independencia	600	Superficial
El Chorro	500	Superficial
Balcones	400	Superficial
Olimpo	200	Superficial
Santa Julia	100	Superficial

CARACTERISTICAS DE LOS TANQUES

TANQUE ARCOS DE SAN MIGUEL

Es el de mayor capacidad, construido con concreto armado, presenta filtraciones en sus muros, por lo que se ha reforzado con otros muros de concreto en su exterior.

Debido a esto se observa gran cantidad de material de construcción en su interior.

TANQUES MOLINO

Estos tanques son parte importante del sistema de distribución ya que se localizan a mayor elevación y por su capacidad reciben la descarga de las dos líneas de conducción.

TANQUE EL CARACOL

Se construyó con muros de mampostería, con una losa superior de concreto armado, lo utilizan para tandeear el agua a varias colonias de la ciudad.

Recibe la descarga del acueducto la luz - insurgentes en determinadas horas del día, por lo que se llena una vez al día para abastecer directamente a la red de distribución.

TANQUE BALCONES.

Recibe agua de la línea de conducción Landetas el molino, se encuentra cercado con malla de alambre en propiedad privada .

Su construcción tiene una forma geométrica deferente a los demás construido con una base de concreto armado y en su parte superior con tabique rojo.

TANQUE MEXIQUITO

Se abastece directamente del pozo Mexiquito, alimentando al tanque de menor capacidad en determinadas horas del día para sumi-

nistrar agua al conjunto habitacional Mexiquito.

TANQUES EL CHORRO

Son tres tanques muy antiguos cuya fachada no es característica de los tanques, están contruidos a desnivel.

Se abastecen de los tanques molino interconectados entre si y del manantial el chorro que proporciona 3 lit/seg, conectados a la red de distribución.

Los tanques que funcionan como hidrantes son: tanque Olimpo, Santa Julia y Independencia, debido a la falta de red de distribución en la zona en que se localizan.

El pozo Guadalupe alimenta a estos tanques mediante una línea de conducción funcionando en serie, en determinadas horas del día.

TANQUE INDEPENDENCIA

Este tanque es reciente, construido para funcionar como hidrante en una primera etapa.

Se abastece con el pozo Guadalupe al igual que los tanques Olimpo y Santa Julia.

Los tanques se encuentran en condiciones de operación, pero hace falta realizar una limpieza en sus alrededores de cada uno de ellos a fin de darle una protección sanitaria efectiva, así mismo,

seria conveniente construir una protección con malla de alambre, para impedir el fácil acceso a los tanques, de personas ajenas a éstos.

CAPACIDAD DE REGULARIZACION

Con base en los resultados de las mediciones realizadas, se calculó la capacidad de regularización de cada uno de los tanques

De acuerdo con las normas de abastecimiento de agua potable, la capacidad del tanque está en función del gasto máximo diario y de la ley de demandas de la localidad.

Se recomienda emplear la siguiente tabla, cuando se desconoce la ley de demandas de la localidad.

TIEMPO DE BOMBEO Hrs.	SUMINISTRO AL TANQUE Hrs.	GASTO DE BOMBEO	CAPACIDAD DEL TANQUE M ³
De 0 a 24	24	Q.M.D	$c = 14.58 \times Q.M.D$
De 4 a 20	20	Q.M.D 24/20	$c = 7.20 \times Q.M.D$
De 6 a 22	16	Q.M.D 24/16	$c = 15.30 \times Q.M.D$

Considerando el gasto atorado en la llegada a los tanques como el gasto de bombeo y el coeficiente de variación diaria igual a uno.

$$Q_{ma} = Q_{md}$$

Para los tanques molino.

Descargando las dos líneas a los tanques, el gasto de bombeo es de 58 lit/seg. Suministrando al tanque las 24 hrs.

La capacidad requerida de regularización es:

$$C = 14.58 \times 58 = 845.64 \text{ m}^3$$

Y la capacidad de los dos tanques es de 1 000 m³ ya que están interconectados entre sí, de igual manera se calculó para los demás tanques.

TANQUE	GASTO DE BOMBEO lit/seg.	CAPACIDAD REQUERIDA M ³	CAPACIDAD DEL TANQUE M ³
ARCOS DE SAN MIGUEL	26	379.80	1 000
BALCONES	11	160.40	400
EL CARACOL	34	495.70	600
MEXIQUITOS	27	393.66	800

Dado que los tanques Santa Julia y Olimpo se abastecen con el pozo Guadalupe en determinadas horas del día, considerando un tiempo de bombeo de 6 a 22 hrs. la capacidad requerida es de:

$$C = 15.30 \times 24 = 367.2$$

y la capacidad de los tanques es de 300 m^3 . Aumentando la capacidad de regularización con el funcionamiento del tanque Independencia que también se abastece del pozo Guadalupe.

A sí mismo es importante señalar que la capacidad de regularización si es suficiente, observando en los resultados que los tanques fueron diseñados para regular un gasto mayor.

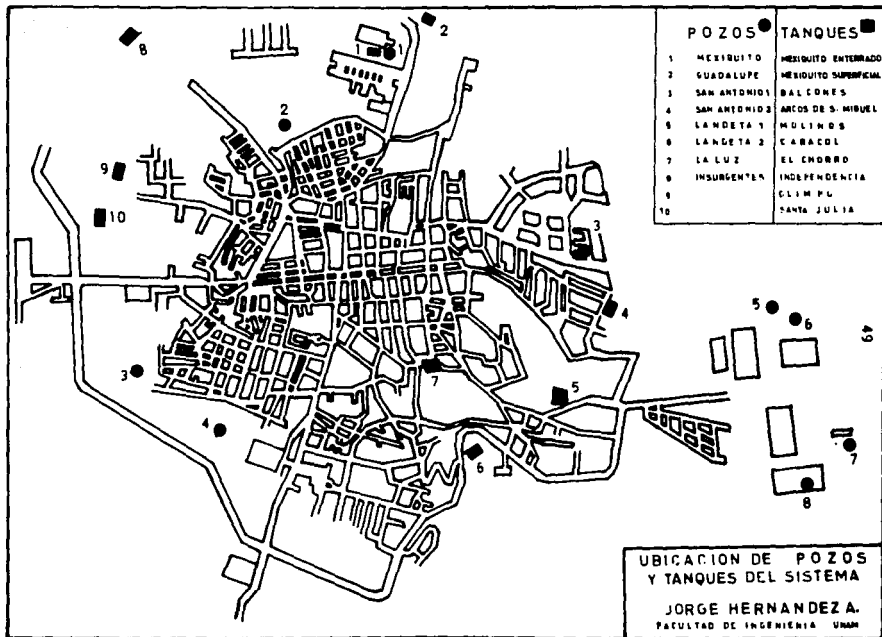
III.3 POTABILIZACION

El sistema de abastecimiento de agua deberá proveer a la localidad servida agua de buena calidad bajo el punto de vista físico, químico, biológico y bacteriológico.

Por lo que es oportuno mencionar que el agua suministrada por el sistema no recibe ningún tratamiento de potabilización, ya que se considera que el agua de manantial subterráneo es de buena calidad.

Esta se extrae directamente de los pozos y se conduce a los tanques de regularización, de donde se abastece a la red de distribución.

Es importante hacer resaltar la necesidad de efectuar con frecuencia análisis químicos y exámenes físico-bacteriológico del agua del manantial que abastece a la ciudad, para determinar la necesidad de someter el agua a procesos correctivos a fin de garantizar la buena calidad y seguridad del agua.



111.4 RED DE DISTRIBUCION

La red de distribución de agua potable de la ciudad de San Miguel de Allende, tiene en operación aproximadamente 50 años. En este tiempo se han adoptado soluciones provisionales con el fin de suministrar de agua potable a todos los habitantes de la ciudad, debido al incremento de población que se ha venido registrando en los últimos años.

Actualmente estas soluciones se han convertido en definitivas lo que ha provocado una menor eficiencia y complejidad de la red de distribución, dificultando su operación y mantenimiento.

SITUACION ACTUAL

Uno de los problemas que dificultan el buen funcionamiento de la red de distribución, es su antigüedad ya que existen tuberías muy deterioradas físicamente que propician fugas y contaminación de el agua, debido a los cambios de presión que se presentan en la red de distribución.

Esto se ha observado en la actualidad, ya que se detectan un promedio de dos fugas por mes en la red de distribución y de cuatro fugas diarias en tomas domiciliarias, lo que demuestra el gran deterioro físico que han sufrido las tuberías. Al realizar las reparaciones de estas fugas se han encontrado tuberías de fierro galvanizado, de p.v.c, asbesto cemento y barro, con diámetros desde 2 a 12 pulgadas.

Útro de los problemas que se tiene, es la topografía del terreno de la ciudad de San Miguel de Allende. Existen pendientes bastante considerables, lo que dificulta la distribución del agua en las zonas altas favoreciendo las zonas bajas.

Ademas de la complejidad que ya presenta el sistema de distribución, la falta de dispositivos de medición de gastos en los tanques y pozos, lo complican aun mas, ya que no existe un registro de demandas suministrada por los pozos y tanques de regularización.

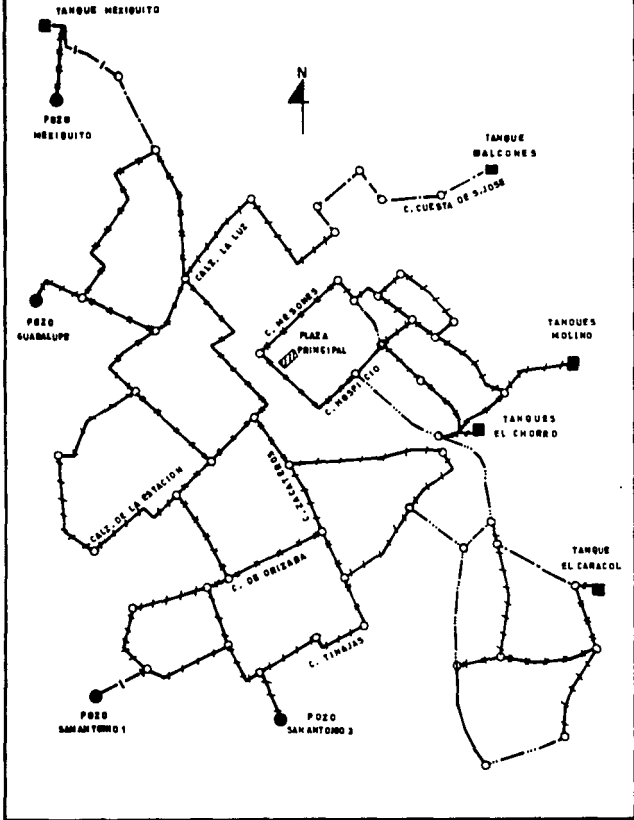
FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCION

El suministro de agua a la red de distribución es a través de los tanques, Arcos de San Miguel o Atascadero, Balcones, Los Molino, El Caracol, El Chorro y de 4 pozos conectados directamente a la red de distribución, siendo estos pozos Mexiquito, Guadalupe, San Antonio I y San Antonio II.

El tanque el Caracol opera en ciertas horas del día, ya que se llena una vez al día por la descarga del acueducto la Luz e Insurgentes - Molino y Caracol y suministra su agua a la red de distribución, para tandeear el agua a varias colonias de la ciudad.

En cuento los pozos, El Pozo Guadalupe deja de bombear agua a la red de distribución, en determinadas horas del día, para abas-

RED DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE



tecer a los tanques Independencia, Santa Julia y Olimpo que funcionan como hidrantes.

El pozo Mexiquito está conectado con el tanque superficial Mexiquito de tal manera que pueda abastecer a la red de distribución o al tanque según se requiera, empleando para este funcionamiento válvulas de seccionamiento.

El Pozo San Antonio II no opera continuamente debido al costo de su operación que resulta muy elevado ya que se localiza en una zona baja, funcionando cuando aumenta la demanda de agua.

Los tanques de mayor elevación, son Los Molinos que abastecen en mayor cantidad de agua a la red de distribución.

OPERACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Con base en los aspectos mencionados, el sistema es operado de acuerdo con las necesidades de la población, es decir que para solucionar parcialmente los problemas que se presentan, se han reparado e instalado válvulas de seccionamiento en puntos críticos, así como la reparación de tramos de tubería, logrando con esto dotar de agua potable a todas las colonias de la ciudad en forma de tandeos, con un nivel de servicio del 80 % con un total de 9 500 tomas domiciliarias instaladas, de las cuales ninguna tiene medidor.

III.4.1 ANALISIS HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION

Con la finalidad de conocer el funcionamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable, se efectuaron simulaciones por computadora, considerando que el suministro de agua a la red es constante, se utilizó el modelo Estático para redes de agua potable, elaborado por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M, del cual se originó la versión utilizada en este trabajo conocida como programa de redes.

Modelo Estático

Es un modelo matemático, se basa en las ecuaciones que determinan el comportamiento del fenómeno en estudio, empleado como método de solución para redes cerradas. Es utilizado debido al gran auge que ha tenido, con el desarrollo de las computadoras, pues permite el análisis de redes de distribución en un menor tiempo.

Las redes de distribución de agua potable trabajando a presión, se dividen en redes abiertas y cerradas.

Redes abiertas: Las tuberías están unidas unas con otras sin formar circuitos.

Redes cerradas: Las tuberías están unidas y se forma al menos un circuito, como es el caso de la red de distribución de la ciudad de San Miguel de Allende.

El modelo Estático empleado para el cálculo hidráulico de redes de agua potable, considera que tanto los gastos de ingreso

como de egreso (demandas) no varían con el tiempo. Utiliza las ecuaciones de conservación de la energía y de el principio de continuidad.

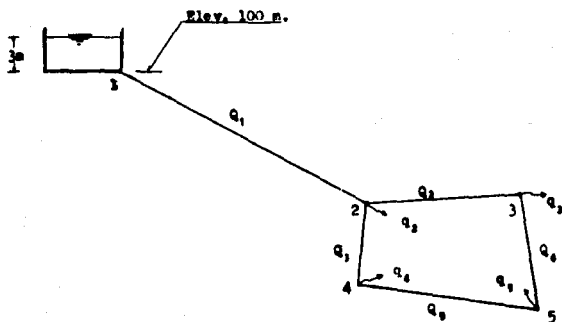
Con el propósito de describir el modelo estático utilizado en el análisis de la red de distribución de la ciudad de San Miguel de Allende, se presenta un ejemplo numérico de solución.

EJEMPLO NUMERICO DE SOLUCION MODELO ESTATICO.

Determinar en la red de agua potable que se muestra, las cargas disponibles en los nudos y la distribución de los gastos que circulan en los tramos de tubería que forman la red.

El gasto de diseño para este ejemplo es el gasto máximo horario de 500 lit/seg.

fig. A



Datos de los tramos.

TRAMO	DIAMETRO		LONGITUD	COEF. DE FRICC.
	Pulg.	mts.	m.	mannig
1 - 2	36	0.91	2 000	0.01
2 - 3	16	0.41	700	0.01
2 - 4	16	0.41	500	0.01
3 - 5	14	0.36	600	0.01
4 - 5	14	0.36	900	0.01

Datos en nudos.

NUDO	COTA TOPO- GRAFICA	GASTO DE DEMANDA EN NUDO m ³ /seg.
1	100	0.00
2	80	0.125
3	83	0.125
4	75	0.125
5	85	0.125
	TOTAL	----- 0.500

El valor de h en el nudo 1 es:

$$h_1 = \text{Cota topografica} + \text{tirante de agua en tanque}$$

$$h_1 = 103 \text{ m.}$$

SOLUCION

Con la ecuación de continuidad, en cada uno de los nudos de la red de agua potable mostrada en la figura A. Se llega al siguiente sistema de ecuaciones, tomando la siguiente convención de gastos:

Gasto que sale del nudo negativo -

Gasto que entra al nudo positivo +

NUDO	ECUACION
2	$Q_1 - Q_2 - Q_3 = Q_2$
3	$Q_2 - Q_4 = Q_3$
4	$Q_3 - Q_5 = Q_4$
5	$Q_4 + Q_5 = Q_5$

Aplicando el principio de conservación de energía para redes de tubos de sección circular con diámetros constantes expresada por :

$$h_{sj} - h_{lj} = C_j / Q_j^{m-1} / Q_j \quad \text{----- } 1$$

donde

h_{sj} : h_{lj} Son los niveles piezométricos en los extremos de los tubos j .

C_j Es el coeficiente que toma en cuenta el diámetro, longitud y rugosidad del tubo.

Q_j Es el gasto que circula en el tubo.

m Exponente que depende de la fórmula a utilizar.

Despejando el gasto Q_j de la ecuación 1

$$Q_j = \left[\frac{h_{sj} - h_{lj}}{C_j} \right]^{1/m}$$

Y sustituyendo en el sistema de ecuaciones, formado por la ecuación de cada uno de los nudos, se obtiene un sistema de ecuaciones no lineal lo que dificulta resolverlo.

Por lo que al desarrollar la ecuación de principios de conservación de energía, en series de Taylor para convertir un sistema de ecuaciones no lineales a un sistema lineal, se tiene:

$$Q_j^k = \alpha_j^{k-1} (h_{sj}^k - h_{ij}^k) + Y_j^{k-1} \quad \text{-----} \quad 2$$

$$\alpha_j^{k-1} = \frac{1}{m C_j / Q_j^{k-1} / m-1}$$

Donde α_j^{k-1} es la matriz de coeficientes del sistema de ecuaciones

$$Y_j^{k-1} = \frac{m-1}{m} Q_j^{k-1}$$

Y Y_j^{k-1} es el vector columna de términos independientes y el superíndice k o k-1 indican el número de iteración.

Sustituyendo la ecuación 2 para cada gasto que circula en la red.

$$Q_1^k = \alpha_1^{k-1} (h_1^k - h_2^k) + Y_1^{k-1}$$

$$Q_2^k = \alpha_2^{k-1} (h_2^k - h_3^k) + Y_2^{k-1}$$

$$Q_3^k = \alpha_3^{k-1} (h_3^k - h_4^k) + Y_3^{k-1}$$

$$Q_4^k = \alpha_4^{k-1} (h_4^k - h_5^k) + Y_4^{k-1}$$

$$Q_5^k = \alpha_5^{k-1} (h_5^k - h_6^k) + Y_5^{k-1}$$

Sustituyendo los valores de Q , en función de los niveles piezométricos, en las ecuaciones de cada nudo, se obtiene :

Para el nudo 2

$$Q_1 - Q_2 - Q_3 = Q_2$$

Sustituyendo

$$\alpha_1^{K-1} h_1^K - \alpha_1^{K-1} h_2^K + \gamma_1^{K-1} - \alpha_2^{K-1} h_2^K + \alpha_2^{K-1} h_3^K - \gamma_2^{K-1} - \alpha_3^{K-1} h_2^K + \alpha_3^{K-1} h_4^K - \gamma_3^{K-1} = Q_2$$

Factorizando y pasando los términos γ_j^{K-1} al segundo miembro.

$$(-\alpha_1^{K-1} - \alpha_2^{K-1} - \alpha_3^{K-1}) h_2^{K-1} + \alpha_2^{K-1} h_3^K + \alpha_3^{K-1} h_4^K = Q_2 - \alpha_1^{K-1} h_1^K - \gamma_1^{K-1} + \gamma_2^{K-1} + \gamma_3^{K-1}$$

Para el nudo 3

$$Q_2 - Q_3 = Q_3$$

Sustituyendo

$$\alpha_2^{K-1} h_2^K - \alpha_2^{K-1} h_3^K + \gamma_2^{K-1} - \alpha_3^{K-1} h_3^K + \alpha_3^{K-1} h_4^K - \gamma_3^{K-1} = Q_3$$

$$(-\alpha_2^{K-1} - \alpha_3^{K-1}) h_3^K + \alpha_2^{K-1} h_2^K + \alpha_3^{K-1} h_4^K = Q_3 - \gamma_2^{K-1} + \gamma_3^{K-1}$$

Para el nudo 4

$$Q_3 - Q_4 = Q_4$$

Sustituyendo

$$\alpha_3^{K-1} h_3^K - \alpha_3^{K-1} h_4^K + \gamma_3^{K-1} - \alpha_4^{K-1} h_4^K + \alpha_4^{K-1} h_5^K - \gamma_4^{K-1} = Q_4$$

$$(-\alpha_3^{K-1} - \alpha_4^{K-1}) h_4^K + \alpha_3^{K-1} h_3^K + \alpha_4^{K-1} h_5^K = Q_4 - \gamma_3^{K-1} + \gamma_4^{K-1}$$

Para el nudo 5

$$Q_4 - Q_5 = q_5$$

Sustituyendo

$$\alpha_5^{k-1} h_5^k - \alpha_4^{k-1} h_5^k + \gamma_5^{k-1} \cdot \alpha_3^{k-1} h_4 - \alpha_3^{k-1} h_5 + \gamma_5^{k-1} = q_5$$

$$(-\alpha_4^{k-1} + \alpha_5^{k-1}) h_5^k + \alpha_3^{k-1} h_4 + \alpha_5^{k-1} h_5^k = q_5 - \gamma_5^{k-1} - \gamma_5^{k-1}$$

Se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones en los nudos :

Nudo	Ecuación
2	$(-\alpha_1^{k-1} - \alpha_2^{k-1} - \alpha_3^{k-1}) h_2 + \alpha_2^{k-1} h_3 + \alpha_1^{k-1} h_4 = q_2 - \gamma_1^{k-1} - \gamma_2^{k-1} - \gamma_3^{k-1}$
3	$(-\alpha_2^{k-1} - \alpha_4^{k-1}) h_3 + \alpha_2^{k-1} h_2 + \alpha_4^{k-1} h_5 = q_3 - \gamma_2^{k-1} - \gamma_4^{k-1}$
4	$(-\alpha_3^{k-1} - \alpha_5^{k-1}) h_4 + \alpha_3^{k-1} h_2 + \alpha_5^{k-1} h_5 = q_4 - \gamma_3^{k-1} - \gamma_5^{k-1}$
5	$(-\alpha_4^{k-1} - \alpha_5^{k-1}) h_5 + \alpha_4^{k-1} h_3 + \alpha_5^{k-1} h_4 = q_5 - \gamma_4^{k-1} - \gamma_5^{k-1}$

Expresado el sistema de ecuaciones en forma general :

$$\left\{ \alpha_i^{k-1} \right\} \left\{ h^k \right\} = \left\{ q, \gamma_i^{k-1} \right\}$$

Este sistema de ecuaciones se resuelve con un método iterativo.

Se considera una distribución inicial de gastos, que cumpla con la ecuación de continuidad. Conocido el gasto de entrada a la red de distribución y las demandas en los nudos, se suponen los siguientes valores :

$$Q_1 = 0.500 \text{ m}^3 / \text{seg gasto máximo horario (es dato)}$$

$$Q_2 = 0.1875$$

$$Q_4 = 0.0625$$

$$Q_3 = 0.1875$$

$$Q_5 = 0.0625$$

Los valores de α_j , Y_j y las pérdidas por fricción son:

$$\alpha_j^{n-1} = \frac{1}{m C_j / Q_j^{n-1} / m-1}$$

$$Y_j^{n-1} = \frac{m-1}{m} Q_j^{n-1}$$

$$C_j = \frac{10.3 (n_j)^2 L_j}{(d_j)^{5.333}}$$

$$Y \quad m = 2 \quad k = 0$$

$$C_1 = 3.407 \quad \alpha_1 = 0.294 \quad Y_1 = 0.250$$

$$C_2 = 83.837 \quad \alpha_2 = 0.032 \quad Y_2 = 0.094$$

$$C_3 = 59.884 \quad \alpha_3 = 0.045 \quad Y_3 = 0.094$$

$$C_4 = 143.721 \quad \alpha_4 = 0.056 \quad Y_4 = 0.031$$

$$C_5 = 215.581 \quad \alpha_5 = 0.037 \quad Y_5 = 0.031$$

Sustituyendo estos valores en la ecuacion de cada uno de los nudos.

NUDO

ECUACION

$$2 \quad - 0.371 h_2 + 0.032 h_3 + 0.045 h_4 = - 30.219$$

$$3 \quad - 0.068 h_3 + 0.032 h_2 + 0.056 h_5 = 0.062$$

$$\begin{array}{rcl}
 4 & - & 0.082 h_4 + 0.045 h_2 + 0.037 h_5 = 0.062 \\
 5 & - & 0.093 h_5 + 0.056 h_3 + 0.037 h_4 = 0.063
 \end{array}$$

Resolviendo el sistema empleando el método de Gauss Seidel que consiste en despejar la carga h de cada nudo, de las ecuaciones obtenidas en cada uno de los nudos.

Despejando h_2 de la ecuación del nudo 2

$$h_2 = \frac{-30.219 - 0.032 h_3 - 0.045 h_4}{-0.371}$$

Despejando h_3 de la ecuación del nudo 3

$$h_3 = \frac{0.062 - 0.032 h_2 - 0.056 h_5}{-0.088}$$

Despejando h_4 de la ecuación del nudo 4

$$h_4 = \frac{0.062 - 0.045 h_2 - 0.037 h_5}{-0.082}$$

Despejando h_5 de la ecuación del nudo 5

$$h_5 = \frac{0.063 - 0.056 h_3 - 0.037 h_4}{-0.093}$$

Para calcular el valor de h_2 se supone que el valor de $h_3 = 0$

$$y \quad h_4 = 0$$

$$h_2 = \frac{-30.219 - 0.032(0) - 0.045(0)}{-0.371}$$

$$h_2 = 81.453$$

Calculando el valor de h_3 sustituyendo el valor de

$$h_2 = 81.453 \quad y \quad h_4 = 0$$

$$h_3 = \frac{0.062 - 0.032(81.453) - 0.056(0)}{-0.088}$$

$$h_3 = 28.915$$

Calculando el valor de h_4 sustituyendo el valor de

$$h_2 = 81.453 \quad y \quad h_3 = 0$$

$$h_4 = \frac{0.062 - 0.045(81.453) - 0.037(0)}{-0.082}$$

$$h_4 = 43.944$$

Calculando el valor de h_5 sustituyendo el valor de

$$h_3 = 28.915 \quad y \quad h_4 = 43.944$$

$$h_5 = \frac{0.063 - 0.056(28.915) - 0.037(43.944)}{-0.093}$$

$$h_5 = 34.217$$

Continuando el proceso, sustituyendo valores obtenidos de,

h_2 , h_3 , y h_4 para encontrar un nuevo valor de h_2 , h_3 , h_4 , h_5 .

$$h_2 = \frac{-30.219 - 0.032 (28.915) - 0.045 (43.944)}{- 0.371}$$

$$h_2 = 89.277$$

$$h_3 = \frac{0.062 - 0.032 (89.277) - 0.056 (34.217)}{- 0.088}$$

$$h_3 = 53.534$$

$$h_4 = \frac{0.062 - 0.045 (89.277) - 0.037 (34.217)}{- 0.082}$$

$$h_4 = 83.677$$

$$h_5 = \frac{0.063 - 0.056 (53.534) - 0.037 (83.677)}{- 0.093}$$

$$h_5 = 56.892$$

El proceso se repite sucesivamente hasta encontrar que los valores de h_2 , h_3 , h_4 , h_5 tiendan a ser iguales, como se ve en la tabla siguiente:

CALCULO DE VALORES DE n SOLUCION DEL SISTEMA

Num. de iteracion	1	2	3	4	5	6	
h2	61.45293	99.27597	93.79367	96.72153	98.62376	99.65925	
h3	0 28.91466	52.53392	69.60613	80.04747	86.63013	91.23612	
h4	0 43.94352	63.67546	75.38690	84.64219	90.00485	93.49841	
h5	0 34.21651	56.89171	71.62640	81.19805	87.41577	91.45479	
Num. de iteracion	7	8	9	10	11	12	
h2	99.65925	100.6616	101.1831	101.5218	101.7418	101.8647	101.9775
h3	91.23612	94.09624	95.95747	97.15521	97.94375	98.45940	98.79046
h4	93.48841	95.75132	97.22130	98.17619	98.79649	99.19943	99.46116
h5	91.45479	94.07650	95.78266	96.69001	97.40921	98.07649	98.37499
Num. de iteracion	13	14	15	16	17	18	
h2	101.9775	102.0378	102.0770	102.1024	102.1190	102.1297	102.1367
h3	98.79046	99.00551	99.14521	99.23596	99.29491	99.33320	99.35808
h4	99.46116	99.63121	99.74166	99.81341	99.86002	99.89030	99.90997
h5	98.37989	98.57703	98.70509	98.78829	98.84232	98.87742	98.90023
Num. de iteracion	19	20	21	22	23	24	
h2	102.1367	102.1412	102.1442	102.1461	102.1473	102.1481	102.1486
h3	99.35808	99.37424	99.38473	99.39155	99.39598	99.39886	99.40073
h4	99.90997	99.92274	99.93104	99.93643	99.93993	99.94221	99.94369
h5	98.90023	98.91504	98.92466	98.93091	98.93497	98.93761	98.93933
Num. de iteracion	25	26	27	28	29	30	
h2	102.1486	102.1490	102.1492	102.1493	102.1494	102.1495	102.1495
h3	99.40073	99.40194	99.40273	99.40324	99.40356	99.40379	99.40393
h4	99.94369	99.94468	99.94527	99.94568	99.94584	99.94591	99.94601
h5	98.93933	98.94044	98.94116	98.94167	98.94194	98.94213	98.94226

La solución de este sistema es:

$$\begin{aligned} h_2 &= 102.1495 \\ h_3 &= 99.40393 \\ h_4 &= 99.94622 \\ h_5 &= 98.94226 \end{aligned}$$

Por lo que con estos valores obtenidos en la solución del sistema, se calculan los gastos Q_j en los tramos, para comparar con los gastos propuestos.

$$Q_1 = \lambda_1^{n-1} (h_1^n - h_2^n) + Y_1^{n-1}$$

$$Q_2 = \lambda_2^{n-1} (h_2^n - h_3^n) + Y_2^{n-1}$$

$$Q_3 = \lambda_3^{n-1} (h_3^n - h_4^n) + Y_3^{n-1}$$

$$Q_4 = \lambda_4^{n-1} (h_4^n - h_5^n) + Y_4^{n-1}$$

$$Q_5 = \lambda_5^{n-1} (h_5^n - h_6^n) + Y_5^{n-1}$$

$$Q_1 = 0.294 (103.00 - 102.1495) + 0.25 = 0.500$$

$$Q_2 = 0.032 (102.1495 - 99.4039) + 0.094 = 0.18186$$

$$Q_3 = 0.045 (102.1495 - 99.9462) + 0.094 = 0.19315$$

$$Q_4 = 0.056 (99.40394 - 98.9422) + 0.031 = 0.05685$$

$$Q_5 = 0.037 (99.94620 - 98.9422) + 0.031 = 0.06814$$

Comparando gastos

GASTOS PROPUESTOS
(iniciales) m^3 / seg

$$Q_1 = 0.5000$$

$$Q_2 = 0.1875$$

$$Q_3 = 0.1875$$

$$Q_4 = 0.0625$$

$$Q_5 = 0.0625$$

GASTOS CALCULADOS
 m^3 / seg

$$Q_1 = 0.50000$$

$$Q_2 = 0.18185$$

$$Q_3 = 0.19315$$

$$Q_4 = 0.05653$$

$$Q_5 = 0.06814$$

Como los gastos calculados difieren de los supuestos, se continúa con el proceso, utilizando los gastos calculados como gastos iniciales.

El proceso termina al hacerse iguales los gastos calculados con los gastos iniciales.

Para $K = 1$ y $m = 2$

$$\alpha_1 = 0.29400$$

$$\alpha_2 = 0.03279$$

$$\alpha_3 = 0.04323$$

$$\alpha_4 = 0.06119$$

$$\alpha_5 = 0.03403$$

$$Y_1 = 0.25000$$

$$Y_2 = 0.09092$$

$$Y_3 = 0.09657$$

$$Y_4 = 0.02842$$

$$Y_5 = 0.03407$$

Sustituyendo estos nuevos valores de α_j^{n-1} y Y_j^{n-1} en el sistema de ecuaciones.

NUDO	ECUACION
2	$- 0.37000 h_2 + 0.03279 h_3 + 0.04323 h_4 = - 30.2190$
3	$- 0.09398 h_3 + 0.03279 h_2 + 0.06119 h_5 = 0.06249$
4	$- 0.07726 h_4 + 0.04323 h_2 + 0.03403 h_5 = 0.06249$
5	$- 0.09522 h_5 + 0.06119 h_3 + 0.03403 h_4 = 0.06250$

Resolviendo el sistema con el método de gauss - seidel, la solución del sistema es:

$$h_2 = 102.13620$$

$$h_3 = 99.42841$$

$$h_4 = 99.77254$$

$$h_5 = 98.90110$$

El valor de los gastos es:

$$Q_1 = 0.2940 (103.00 - 102.1362) + 0.250 = 0.50395$$

$$Q_2 = 0.0328 (102.1362 - 99.4284) + 0.09092 = 0.188079$$

$$Q_3 = 0.0432 (102.1362 - 99.7725) + 0.09657 = 0.198731$$

$$Q_4 = 0.0611 (99.4284 - 98.9011) + 0.02842 = 0.060694$$

$$Q_5 = 0.0403 (99.7725 - 98.9011) + 0.03407 = 0.069227$$

Comparando gastos

GASTOS PROPUESTOS	GASTOS CALCULADOS	DIFERENCIA
$Q_1 = 0.5000$	$Q_1 = 0.503950$	0.0040
$Q_2 = 0.1875$	$Q_2 = 0.188079$	+ 0.0006
$Q_3 = 0.1875$	$Q_3 = 0.198731$	+ 0.0112
$Q_4 = 0.0625$	$Q_4 = 0.0606909$	- 0.0018
$Q_5 = 0.0625$	$Q_5 = 0.069228$	+ 0.0067

Al comparar los gastos, se tiene una pequeña diferencia en ellos, por lo que se tendría que seguir realizando otras interacciones, hasta hacer iguales estos gastos.

Para efectos de ejemplo, se tomaron estos resultados como solución del problema, por lo que se terminó el proceso, los resultados se muestran en la siguiente fig.

RESULTADOS DEL EJEMPLO.

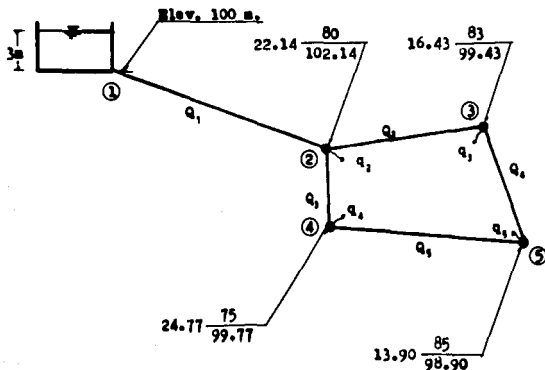
$$Q_1 = 0.50395$$

$$Q_2 = 0.18808$$

$$Q_3 = 0.19873$$

$$Q_4 = 0.06069$$

$$Q_5 = 0.06923$$



① Nudo

Q Gasto en m³ / seg.

Q_j Gasto en los tramos

q_j Gasto de demanda en nudos

Elevación en m.

② Cota piezometrica

----- Carga disponible

III.4.2 SIMULACIONES EN RED DE DISTRIBUCION

El modelo estático se utilizó, para simular el funcionamiento de la red de distribución de agua potable, con la finalidad de conocer las condiciones actuales de funcionamiento de la red, así como predecir su comportamiento cuando se hagan modificaciones en la red misma, o el gasto de demanda suministrado a la red se incremente.

Es importante mencionar, que para que estos valores tengan validez y sean representativos, fue necesario realizar una simulación que reproduzca o aproxime el funcionamiento actual de la red de distribución, a dicha simulación se le conoce como simulación de calibración.

SIMULACION DE CALIBRACION .

La simulación de calibración, consiste en hacer que los resultados obtenidos en esta simulación sean semejantes a los que se puedan medir directamente en la red. Utilizando para esta simulación, los gastos medidos directamente en la red, y la información de plantas de la red de agua potable de la ciudad de San Miguel de Allende.

Datos utilizados en simulación de calibración.

Gastos medidos en tanques y pozos

Tanque Mexiquito	Gasto	15 lit/seg
Pozo Guadalupe	"	19 lit/seg
Pozo San Antonio I	"	43 lit/seg
Pozo San Antonio II	Gasto	19 lit/seg
Tanque Balcones	"	13 lit/seg
Tanque el Chorro	"	73 lit/seg
Tanque el caracol	"	35 lit/seg

T O T A L		217 lit/seg

Las características geométricas de la red de distribución, se muestran en la siguientes tablas.

Para la simulación de calibración se recomienda calibrar el modelo con los coeficientes de pérdidas por fricción en las tuberías, es decir que estos coeficientes se van variando en la simulación hasta encontrar resultados semejantes a los del funcionamiento actual de la red.

Pero como no se conocen bien los coeficientes de pérdidas debido a que hay válvulas de seccionamiento parcial o totalmente abiertas, el modelo se calibró variando las cotas piezométricas en cada uno de los tanques y pozos, hasta encontrar que los valores de los gastos suministrados por los pozos y tanques fueran semejantes a los gastos medidos directamente a la red de distribución.

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DE LA RED

Tubo	Nudos que une	Longitud m.	Diametro m.	Coefficiente de Manning.
1	57 2	235.00	0.25	0.0140
2	2 3	788.00	0.20	0.0140
3	2 4	525.00	0.20	0.0140
4	3 5	315.00	0.20	0.0140
6	4 5	245.00	0.20	0.0140
7	5 6	370.00	0.20	0.0140
8	6 7	420.00	0.20	0.0140
9	6 10	400.00	0.20	0.0140
10	9 10	180.00	0.20	0.0140
11	9 8	425.00	0.20	0.0140
12	7 8	470.00	0.15	0.0140
13	9 25	395.00	0.20	0.0140
14	24 23	300.00	0.15	0.0140
15	24 25	70.00	0.15	0.0140
16	24 20	230.00	0.20	0.0140
17	20 21	345.00	0.15	0.0140
18	21 23	270.00	0.15	0.0140
20	18 20	215.00	0.15	0.0140
22	18 17	260.00	0.15	0.0140
23	17 16	240.00	0.15	0.0140
24	16 15	190.00	0.20	0.0140
25	12 15	210.00	0.20	0.0140
26	12 26	300.00	0.20	0.0140
27	26 11	220.00	0.20	0.0140
28	10 11	230.00	0.20	0.0140
29	4 11	765.00	0.20	0.0140
30	4 47	765.00	0.20	0.0140
31	47 48	540.00	0.15	0.0140
32	48 49	120.00	0.25	0.0140
33	49 50	220.00	0.25	0.0140
34	50 51	140.00	0.25	0.0140
35	48 51	210.00	0.15	0.0140
36	52 51	220.00	0.25	0.0140
38	28 27	425.00	0.20	0.0140
39	36 27	510.00	0.20	0.0140
40	30 36	160.00	0.15	0.0140
41	29 30	200.00	0.20	0.0140
42	29 28	110.00	0.20	0.0140
43	54 29	120.00	0.15	0.0140
44	31 54	160.00	0.15	0.0140
45	54 55	120.00	0.15	0.0140
46	55 56	270.00	0.15	0.0140
47	32 56	90.00	0.15	0.0140
48	31 32	100.00	0.15	0.0140
49	30 31	140.00	0.15	0.0140
50	39 30	150.00	0.15	0.0140
52	35 36	400.00	0.25	0.0140
55	33 32	370.00	0.15	0.0140
56	33 38	290.00	0.15	0.0140
57	37 35	530.00	0.25	0.0140

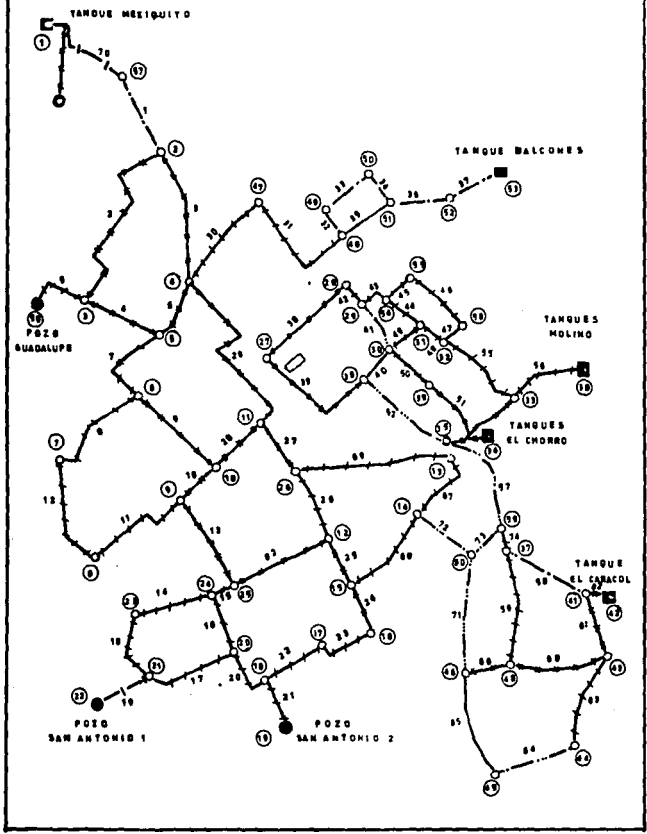
58	41	37	320.00	0.25	0.0140
59	37	40	450.00	0.15	0.0140
60	40	43	450.00	0.20	0.0140
61	41	43	350.00	0.20	0.0140
63	43	44	360.00	0.15	0.0140
64	44	45	320.00	0.08	0.0140
65	45	46	400.00	0.10	0.0140
66	40	46	170.00	0.20	0.0140
67	13	14	310.00	0.15	0.0140
68	14	15	390.00	0.15	0.0140
69	13	26	600.00	0.15	0.0140
71	60	46	450.00	0.08	0.0140
72	14	60	260.00	0.08	0.0140
73	59	60	150.00	0.08	0.0140
74	59	37	100.00	0.15	0.0140
82	25	12	535.00	0.10	0.0140
70	1	57	480.00	0.30	0.0140
5	58	3	225.00	0.15	0.0140
10	22	21	180.00	0.30	0.0140
21	19	18	200.00	0.20	0.0140
37	53	52	200.00	0.25	0.0140
51	34	39	270.00	0.20	0.0140
53	34	35	20.00	0.25	0.0140
54	34	33	220.00	0.20	0.0140
62	42	41	50.00	0.20	0.0140

Gastos y elevación en nudos

Nudo	Gasto (m3/s)	Cota topografica en m.
1	0.01500	155.00
2	0.00409	130.00
3	0.00409	107.00
4	0.00409	120.00
5	0.00409	110.00
6	0.00409	107.00
7	0.00409	107.00
8	0.00409	107.00
9	0.00409	97.00
10	0.00409	107.00
11	0.00409	122.00
12	0.00409	129.00
13	0.00409	133.00
14	0.00409	135.00
15	0.00409	134.00
16	0.00409	128.00
17	0.00409	118.00
18	0.00409	112.00
19	0.01900	133.00
20	0.00409	113.00
21	0.00409	120.00
22	0.04300	140.00
23	0.00409	115.00
24	0.00409	115.00
25	0.00409	117.00
26	0.00409	124.00
27	0.00409	124.00
28	0.00409	125.00
29	0.00409	197.00
30	0.00409	195.00
31	0.00409	198.00
32	0.00409	200.00
33	0.00409	240.00
34	0.07300	247.00
35	0.00409	200.00
36	0.00409	196.00
37	0.00409	200.00
38	0.00409	240.00
39	0.00409	200.00
40	0.00409	192.00
41	0.00409	200.00
42	0.03500	245.00
43	0.00409	190.00
44	0.00409	191.00
45	0.00409	150.00
46	0.00409	193.00
47	0.00409	135.00
48	0.00409	145.00
49	0.00409	145.00
50	0.00409	145.00

51	0.00409	145.00
52	0.00409	150.00
53	0.01300	150.00
54	0.00409	200.00
55	0.00409	197.00
56	0.00409	230.00
57	0.00409	140.00
58	0.01900	132.00
59	0.00409	200.00
60	0.00409	150.00

ARMADO DE RED DE DISTRIBUCION



Con estos datos se obtienen resultados que muestran por un lado que el modelo reproduce más o menos la situación; actual y por el otro lado que las cargas en las zonas bajas, son muy altas.

Los resultados de esta simulación de calibración se indican en la fig. A, donde se muestran curvas de igual carga piezométrica trazadas con base en los resultados de la simulación.

Analizando los resultados de la simulación ya calibrada se observa que en general existen cargas piezométricas muy altas debido a la topografía de la zona.

Resultando estas cargas, mayores a las permisibles por las normas de agua potable.

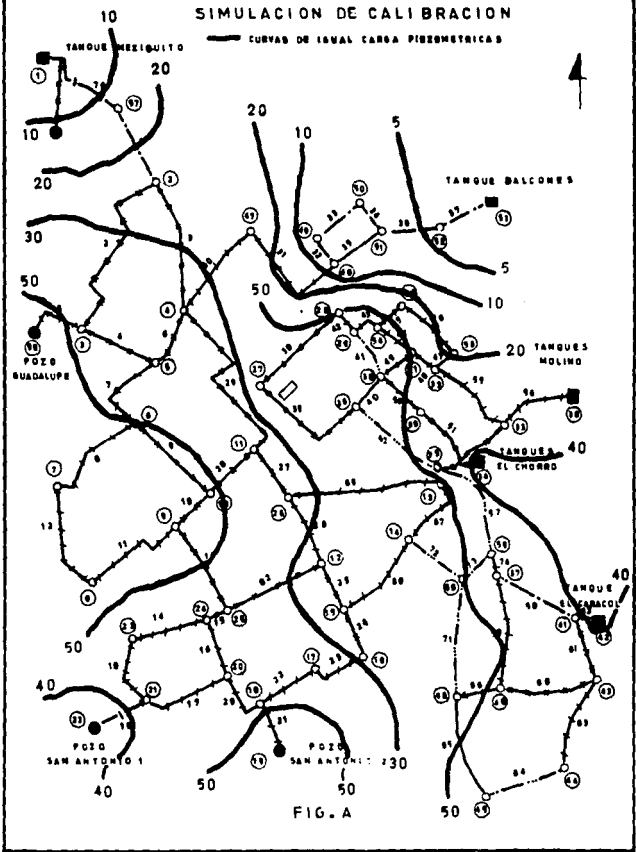
Sin embargo; como se mencionó, alguno de los pozos o tanques de regularización dejan de abastecer a la red en determinadas horas del día, provocando la variación de estas cargas y si además se toma en cuenta la existencia de válvulas parcialmente abiertas en la red, se concluye que posiblemente estas cargas sean menores.

Con base en los sentidos de flujo en las tuberías, representado por la simulación de calibración, se pudo conocer las zonas de influencia de cada uno de los tanques y pozos indicadas en la fig. B. Considerando que el funcionamiento de los pozos y tanques es constante, es decir que en ningún momento dejan de abastecer a la red de distribución.

Una vez conocido el funcionamiento de la red, así como las

SIMULACION DE CALIBRACION

— CURVAS DE IGUAL CARGA PIEZOMETRICA



ZONAS DE INFLUENCIA DE TANQUES Y POZOS

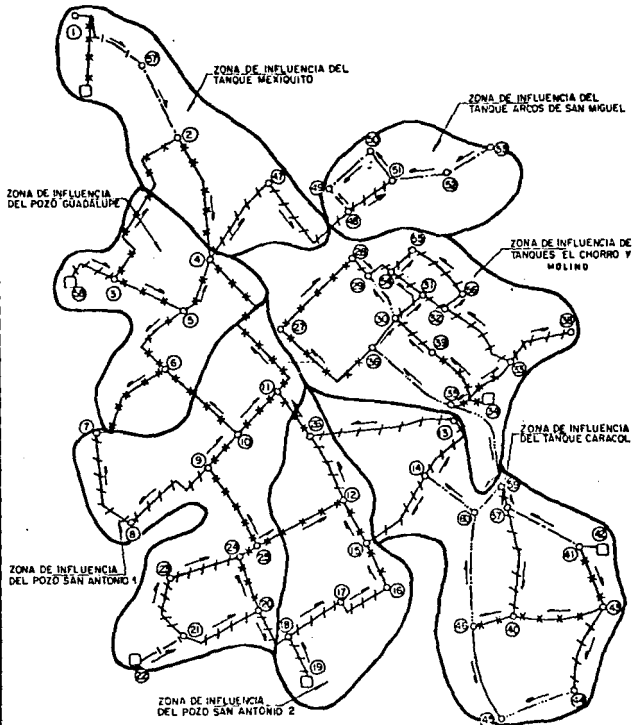


FIG. 8

zonas de influencia de cada uno de los pozos y tanques, se propone una serie de cambios para quitar las deficiencias de la red

Las simulaciones realizadas fueron:

- a) Proponer la construcción de cuatro tramos más en la red
- b) Suprimir la conexión del pozo San Antonio II a la red de distribución.
- c) Suprimir la conexión del pozo Guadalupe a la red.

a) Proponer la construcción de cuatro tramos más en la red.

Esta simulación se realizó, con el cierre de algunos circuitos; se obtuvieron los siguientes resultados.

En las zonas con mayor elevación, la presión disminuyó por lo que no se concentraron estos circuitos con los tramos propuestos, ya que las zonas más bajas sigue registrando presiones altas, como se muestra en la fig C.

Los tramos propuestos fueron

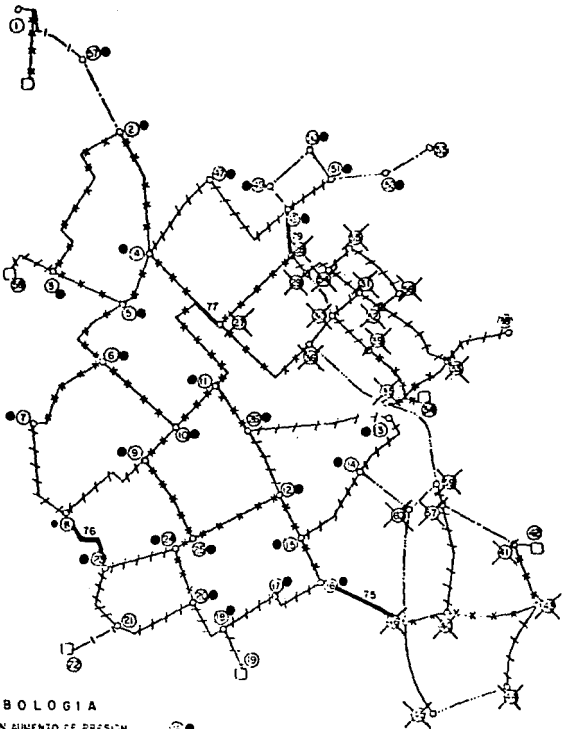
Tramo No. 77 Ubicado en la calle Hidalgo

Tramo No. 79 Une la calle Cuesta de San Jose con la calle Resones.

Tramo No. 76 Une calle san Felipe con Calzada la Estación

Tramo No. 75 Sale de la calle Tinajas

FIG. C PRIMERA SIMULACION



S I M B O L O G I A

LÍNEA CON AUMENTO DE PRESIÓN
 LÍNEA CON DISMINUCIÓN DE PRESIÓN
 NUEVOS TRAMOS



b) Suprimiendo la conexión del pozo San Antonio II

Como se mencionó, el pozo no funciona constantemente debido a que se localiza en una zona muy baja y su costo de operación es muy elevado.

Los resultados obtenidos de esta simulación muestran una reducción de presión en la zona de influencia del pozo, por lo que se propone aislarlo de la red de distribución, para que trabaje independiente, abasteciendo a determinados tramos de la red que aprovecharán continuamente el caudal de este pozo.

Los resultados de la simulación se muestran en la fig. D. así como los tramos de influencia del pozo.

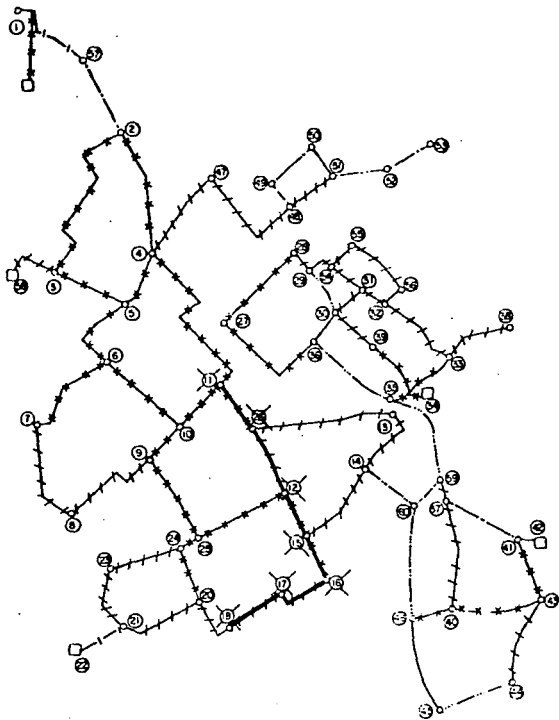
c) Suprimir la conexión del pozo Guadalupe a la red

Esta simulación se realizó, para ver el comportamiento de la red, debido a que en determinadas horas del día, el pozo Guadalupe no suministra agua a la red de distribución.

En estos resultados se observa una pequeña reducción de presiones no considerable, ya que se mantienen las presiones altas.

En el capítulo IV se presentan las acciones recomendadas con base en los resultados obtenidos al simular cada una de las alternativas. Para terminar de describir el capítulo III, que se refiere a la infraestructura existente del sistema de abastecimiento, en seguida se presenta un resumen de las características de la administración del agua.

95
FIG. D SEGUNDA SIMULACION



III.5 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ADMINISTRACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

El organismo operador del sistema de agua potable de la ciudad de San Miguel de Allende Gto. cuenta con un total de 27 personas, distribuidas de la siguiente manera

- Un ingeniero jefe del sistema
- Un ingeniero Ayudante
- Una secretaria
- Un jefe de operación y mantenimiento del sistema con 12 personas a su cargo.
- Una persona para mantenimiento del sistema de alcantarillado con dos ayudantes,
- Ocho personas encargadas del cuidado y operación de los pozos durante las 24 horas.

Para el desempeño de sus labores, cuentan con el siguiente equipo.

- Un equipo de mantenimiento (herramienta)
- Dos camionetas para transporte de personal y equipo
- La ayuda de radio para comunicación del Palacio municipal.

IV. PLAN PROPUESTO PARA ACCIONES INMEDIATAS Y FUTURAS

IV.1 ACCIONES PROPUESTAS A CORTO PLAZO

Una vez estudiadas las principales obras que integran el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de San Miguel de Allende Gto. se puede hacer los siguientes comentarios.

El sistema de abastecimiento de agua potable, presenta deficiencias en su funcionamiento, las cuales se indican en forma de resumen.

En sus fuentes potenciales de abastecimiento, pozo Landeta 1, Landeta 2 y pozo la Luz e Insurgentes, al realizar las mediciones de los gastos de extracción, se detectó demasiado aire en el bombeo de estos equipos, por lo que el gasto de extracción medido resulto menor al gasto de diseño de estos pozos.

Otro de los problemas del sistema, es la falta de dispositivos de medición tanto en los pozos, como tanques de regularización, por lo que no es posible llevar un control de el gasto extraído de cada uno de los pozos, así como el gasto que inyecta cada uno de los tanques de regularización a la red de distribución.

El pozo San Antonio II, presenta problemas de operación, ya que se localiza en la zona baja donde se tienen presiones altas debido a la topografía del terreno, lo que implica que al funcio -

nar el equipo de bombeo de este pozo, tiene que vencer la presión que se presenta en esta zona para poder inyectar su agua a la red de distribución.

Los tanques de regularización se encuentran muy descuidados y sin protección. El tanque Arcos de San miguel o Atascadero es el mayor capacidad, y presenta filtraciones en sus muros.

Debido a la antigüedad de la red de distribución se tienen fugas bastante considerables por el deterioro físico de las tuberías, Adicionalmente no se cuenta con planos de cruceros de la red de distribución ni de localización de valvulas de seccionamiento.

La calidad de el agua se desconoce, ésta se extraé del manantial subterráneo y es bombeada directamente a los tanques de regularización, que abastecen a la red de distribución, sin recibir ningún tratamiento antes de ser distribuida.

De acuerdo con los problemas que se presentan en el sistema de abastecimiento, se propone efectuar algunas acciones a corto plazo, con la finalidad de dar solución a estos problemas e incrementar la eficiencia del sistema mediante el mejoramiento de sus obras.

ACCIONES A CORTO PLAZO

- Hacer filmación en video en los pozos: Landeta I y II, en los pozos La Luz e Insurgentes, que se encuentran conectados a las líneas de conducción, para precisar las condiciones físicas en que se encuentra su equipo de bombeo, así como sus niveles de funcionamiento (nivel dinámico y nivel estático) con esto se podrá ver la factibilidad de rehabilitarlos.

Mejorando la eficiencia de estas fuentes, con la rehabilitación o sustitución del pozo, se tendrá un buen funcionamiento de las líneas de conducción ya que actualmente conducen un gasto menor al de proyecto.

- Instalar en cada uno de los pozos y tanques de regularización un dispositivo de medición de gastos y llevar un control de las extracciones, así como de los gastos que inyecta cada uno de los tanques a la red de distribución, mediante un programa de aforos con el que se podrá conocer las condiciones de funcionamiento del sistema.

- Para el pozo San Antonio II, se propone que suministre a una determinada zona de la ciudad, para lo cual se requiere cerrar circuitos de la red de distribución mediante la instalación de válvulas de seccionamiento.

- Instalar una válvula Check en la fontanería del pozo Mexiquito, para lograr un mejor funcionamiento. Este pozo es el único

que carece de esta válvula por lo que se recomienda instalarla.

- Proporcionar un mejor mantenimiento a los tanques de regularización, en especial a los tanques Olimpo, Santa Julia y Arcos de San Miguel que se encuentran muy descuidados y permiten el fácil acceso de personas ajenas a su operación, ya que no se encuentran cercados con malla de alambre.

- Establecer un control de calidad del agua que se abastece a los habitantes de la ciudad de San Miguel de Allende.

- Elaborar planos actualizados de la red de distribución así como de los cruces que existen en la red.

IV.2 ESTUDIOS PROPUESTOS A CORTO Y MEDIANO PLAZO

Los estudios propuestos para el sistema de agua potable son:

- Hacer un levantamiento de la red de distribución, para elaborar planos, conocer las condiciones físicas de las tuberías y ver la factibilidad de reparar o sustituir tuberías que no se encuentren en condiciones de seguir funcionando, con el fin de disminuir el número de fugas que existen en la red de distribución.

- Efectuar un estudio geohidrológico, conocer las condiciones

del manantial subterráneo del cual se abastece actualmente la ciudad y analizar la factibilidad de perforar más pozos al este de la ciudad .

- Efectuar un estudio de factibilidad técnico-económico para el anteproyecto de la fuente de abastecimiento mediante una galería filtrante, que propone el organismo operador.

V. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se desarrolló el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua potable a la ciudad de San Miguel de Allende Guanajuato.

Las principales obras que integran el sistema, así como la situación actual que prevalece en la ciudad, tanto en su aspecto socioeconómico como de su población, se describen en este estudio.

Se efectuaron visitas de reconocimiento, para conocer el funcionamiento y condiciones físicas en que se encuentran sus principales obras: fuentes de abastecimiento, líneas de conducción, tanques de regularización y red de distribución.

Como resultados de este diagnóstico, se encontró que la ciudad de San Miguel de Allende, se enfrenta actualmente a la insuficiencia de sus fuentes de abastecimiento y de su red de distribución, debido al acelerado crecimiento de población que ha sufrido en estos últimos años.

Cabe mencionar que la dotación de agua potable que actualmente se suministra a la ciudad, ha tenido que ajustarse al gasto disponible en sus fuentes de abastecimiento, procurando abastecer a toda la población.

En lo que se refiere a la población, ésta se calculó, con di-

erentes procedimientos, con la información recopilada en este trabajo y con los datos de los censos de población de 1970 y 1980.

La población adoptada en este trabajo, es la calculada de acuerdo con el número de tomas eléctricas.

De los resultados de las mediciones en las descargas de los pozos, resulto que el gasto total de extracción medido es menor al gasto de proyecto que el organismo operador maneja, por lo que se tiene un déficit de agua en el suministro.

Para las mediciones de gastos, se empleó el método de Pitometría, por considerar que es el más confiable para efectuar la medición de gastos.

Los tanques de regularización del sistema, no cuentan con ningún dispositivo de medición, por lo que no es posible llevar un control de los gastos suministrados a la red de distribución.

Para representar el funcionamiento de la red de distribución, se utilizó un modelo de computadora, que una vez calibrado permite simular las condiciones en que trabaja una red de distribución.

Con los resultados de las simulaciones se verificó que las presiones altas se presentan en la zona baja, lo que dificulta la distribución de agua potable en las zonas altas. También con estos resultados, se delimitaron las zonas de influencia de cada uno de los tanques y pozos que abastecen a la red de distribución, lo que

permite estimar la zona afectada al suspender el funcionamiento de alguno de estos tanques o pozos.

Finalmente, con los resultados de este trabajo, se proponen acciones a seguir para lograr un mejor funcionamiento del sistema.