



4  
25



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

**CAMPUS ARAGON**

**“ DIAGNOSTICO TECNICO DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE DE CUERNAVACA, MOR. “**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**I N G E N I E R O C I V I L**

PRESENTAN:  
**DAVID OCTAVIO BAROCIO CRUZ**  
Y  
**JUAN MANUEL HUERTA DAVILA**

ASESOR DE TESIS:  
**ING. JUAN CARLOS ORTIZ LEON**

MEXICO 1999.



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

275250



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

**РАСИНАЦИЯ**

**ДИКОСТАВА**

## *“AGRADECEMOS “*

*A NUESTRA ESCUELA*

*E.N.E.P. ARAGON*

*Por habernos dado la adecuada formación  
Universitaria de nuestra vida profesional  
para lograr dejar en alto el nombre y  
reputación del plantel.*

*A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO*

*Por habernos brindado la oportunidad de ser parte de  
ella, ya que es y será un orgullo pertenecer y representar  
tan prestigiada Institución.*

*A NUESTROS PROFESORES*

*Por transmitirnos sus conocimientos  
y experiencias que más adelante sabremos  
aprovecharlas de la mejor manera.*

*A NUESTRO ASESOR*

*Ing. Juan Carlos Ortiz León  
Por dedicarle su valioso tiempo  
a este trabajo con interés  
y dedicación.*

*A NUESTROS SINODALES*

*Por aceptar formar parte de nuestro  
Jurado para lograr obtener este anhelado  
Título de Ingeniero Civil.*

*A NUESTROS COMPAÑEROS Y AMIGOS DE LA CARRERA*

*Que de cierta forma todos llevamos  
la misma meta y convivimos  
muchas de las experiencias que  
se viven como estudiante.*

## *AGRADECIMIENTOS*

### *A DIOS*

*Porque gracias ti nunca me ha faltado salud y  
me has rodeado de personas muy buenas que me  
motivan a seguir siempre adelante.*

### *A MIS PADRES*

*Erasto Huerta Ceron y Eva Davila Martínez  
Por su esfuerzo, sacrificio y porque siempre  
han querido lo mejor para mí, ya que con sus  
consejos y atenciones lograron conducirme  
hasta este momento tan importante de mi vida.*

### *A MIS HERMANOS*

*Erasto, Miriam y Angélica  
Porque crecimos juntos apoyándonos  
en todo momento y contando siempre  
de su grata compañía.*

### *A MIS ABUELITOS*

*Tomasa y Gabriel  
Por sus atenciones, apoyo y consejos  
Por ser los mejores tesoros que  
sirven como ejemplo de lucha.*

### *A MI ABUELITO DANIEL*

*Porque sus consejos me ayudaron  
a seguir siempre adelante.*

### *A MI ABUELITA*

*Josefina (+)  
Porque hizo de mi infancia una  
bonita etapa inolvidable y siempre  
vivirá su gran carácter en mi mente.*

*JUAN MANUEL HUERTA DAVILA*

*A MIS TIOS, TIAS, PRIMOS Y PRIMAS*

*Porque siempre hay una unión y afecto  
cuando mas se necesita*

*A MI PRIMO*

*Luis Daniel (†)*

*Por los momentos tan agradables que  
siempre vivimos juntos compartiendo  
tantas ideas, malos ratos y alegrías.*

*A MARIA DE LA LUZ FERNANDEZ ZURITA*

*Por su amistad y apoyo moral que siempre  
me ha brindado*

*A MI AMIGO OMAR*

*Ya que siempre ha representado  
la amistad más sobresaliente  
de mi vida.*

*A ZULLY*

*Muy especialmente a ti,  
Por tu gran cariño, compañía y apoyo  
incondicional que me motivaron a llegar  
hasta este momento tan importante.*

*JUAN MANUEL HUERTA DAVILA*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios:*

*Por haberme dado la inteligencia y sabiduría para poder alcanzar una meta más en mi vida.*

*A ti Madre:*

*Que por tus esfuerzos, desvelos, entrega y sacrificio, me diste el mejor de los regalos, mi carrera, siendo para mi un tesoro muy valioso para mi futura vida.*

*A mi Padre (†):*

*Por haberme enseñado las bases de mi vida*

*A mis hermanos: Noemí y Samuel*

*Por su apoyo incondicional en el largo trayecto de toda mi vida, por haber depositado su confianza y haber creído en mí.*

*A mi cuñada Rosalba:*

*Por su apoyo incondicional.*

*A mi cuñado Esteban:*

*Por su valioso tiempo que me dedicó desde que era yo pequeño.*

**DAVID O. BAROCIO CRUZ.**

*A mi tía Olga:*

*Por haberme reivindicado en el camino verdadero de la vida,  
el de Dios.*

*A ti Karen:*

*Por haber estado a mi lado apoyandome y alentandome  
incondicionalmente en todo momento a seguir adelante y no  
rendirme por cualquier obstáculo, fuese grande o pequeño que en su  
momento se llegó a presentar, durante esta etapa tan importante de  
nuestras vidas. Por ser parte de mi vida.*

*A mis Familiares y Amigos:*

*Que en su momento convivieron y estuvieron en algún instante  
clave de mi carrera. No menciono nombres por omitir algún  
pariente o amigo que en este momento se me llegue a olvidar.*

*Quiero dedicar este trabajo a mis sobrinos:*

*Iván, Donovan, Cecilia, Diana e Irán*

*Como una muestra de afecto, cariño y lucha constante.*

**DAVID O. BAROCIO CRUZ.**



# INDICE

## DIAGNOSTICO TECNICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA, MORELOS

### - INTRODUCCION

|  |          |
|--|----------|
| <b>CAPITULO I ANTECEDENTES.....</b>                                  | <b>1</b> |
| 1.2 MARCO DE REFERENCIA  | 2        |
| 1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO  | 3        |
| ✓ Objetivo General   | 3        |
| ✓ Objetivos específicos  | 3        |
| <br>   |          |
| <b>CAPITULO II DIAGNOSTICO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE.....</b> | <b>5</b> |
| 2.1 ENTORNO GENERAL.....   | 6        |
| 2.1.1 Descripción del Area de estudio                                | 6        |
| - Orografía  | 7        |
| - Hidrografía  | 7        |
| - Aguas Superficiales  | 8        |
| - Aguas Subterráneas   | 8        |
| - Geología   | 9        |
| - Climatología   | 9        |
| - Servicios  | 9        |
| 2.1.2. Características Socioeconómicas de la Población               | 10       |
| 2.1.3. Legislación Vigente   | 11       |
| 2.2. EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA.....                       | 13       |
| 2.2.1. Revisión de la información Básica                             | 14       |
| 2.2.2. Trabajos Preliminares   | 14       |
| 2.2.2.1 Evaluación de Fugas en la red                                | 14       |
| 2.2.2.1.1 Información Básica   | 15       |
| 2.2.2.1.2 Selección y Diseño de Distritos Pitométricos               | 15       |
| - Distritos Pitométricos   | 16       |
| Jardines de Cuernavaca   | 16       |
| Coahunáhuac  | 16       |
| Chipitlán  | 16       |
| Zapata   | 17       |
| 2.2.2.1.3. Sondeos de presión en los Distritos                       |          |

|          |   |    |
|----------|---|----|
|          | Pitométricos  | 17 |
|          | 2.2.2.1.4. Medición Global del Consumo  | 17 |
|          | 2.2.2.1.5. Determinación del Volumen perdido<br>en los Distritos Pitométricos | 19 |
| 2.2.2.2. | Evaluación de Fugas en Tomas Domiciliarias                                    | 20 |
|          | - Zona Popular  | 22 |
|          | - Zona Media  | 22 |
|          | - Zona Alta   | 22 |
|          | - Zona Comercial  | 22 |
|          | 2.2.2.2.1. Obtención de Gastos Perdidos por<br>Fugas                          | 23 |
|          | 2.2.2.2.2 Revisión del tamaño de la muestra                                   | 24 |
|          | 2.2.2.2.3 Aforo de las fugas  | 24 |
|          | 2.2.2.2.4 Evaluación de pérdidas totales por<br>fugas                         | 26 |
|          | - Análisis Global de Pérdidas   | 29 |
| 2.3.     | ENTORNO ESPECIFICO.....   | 32 |
| 2.3.1.   | Análisis de la demanda  | 32 |
| 2.3.1.1  | Determinación de la Población Actual  | 32 |
| 2.3.1.2. | Determinación de los Consumos de Agua por<br>Tipo de Usuario                  | 33 |
|          | - Consumo Doméstico   | 33 |
|          | - Consumo Comercial   | 33 |
|          | - Consumo Industrial  | 33 |
|          | - Consumo Gobierno  | 34 |
| 2.3.1.3  | Demanda actual de Agua Potable  | 34 |
| 2.3.2    | Recursos hidráulicos existentes   | 35 |
| 2.3.3    | Infraestructura existente   | 38 |
| 2.3.3.1  | Agua potable  | 38 |
|          | - Funcionamiento de los Sectores Hidráulicos                                  | 40 |
|          | Sector Hidráulico 1   | 40 |
|          | Sector Hidráulico 2   | 41 |
|          | Sector Hidráulico 3   | 43 |
|          | Sector Hidráulico 4   | 45 |
|          | Sector Hidráulico 5   | 48 |
|          | Regulación  | 50 |
|          | Plantas de Bombeo   | 53 |
| 2.3.4.   | Caracterización del Organismo Operador  | 53 |
| 2.3.4.1. | Estructura y Organización   | 53 |
| 2.3.4.2. | Sistema Operacional   | 56 |
| 2.3.4.3. | Indices de Gestión  | 57 |

|  |    |
|--|----|
| 2.4. SÍNTESIS INTEGRAL DE DIAGNOSTICO.....                         | 58 |
| 2.4.1 Síntesis Operativa y Funcional                               | 58 |
| - Captación  | 58 |
| - Línea de Conducción  | 58 |
| - Redes de Distribución  | 58 |
| - Macromedición  | 59 |
| - Micromedición  | 59 |
| - Potabilización   | 59 |
| - Organismo operador   | 59 |
| 2.4.2. Oportunidades y restricciones                               | 60 |
| - Oportunidades  | 60 |
| - Restricciones  | 61 |
| 2.4.3. Fortalezas y Debilidades                                    | 61 |
| 2.5. REQUERIMIENTOS INMEDIATOS DEL SISTEMA DE<br>AGUA POTABLE..... | 62 |
| - Consolidación  | 62 |
| - Infraestructura de Agua Potable                                  | 63 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPITULO III PLANEACION TECNICA DE LOS SISTEMAS DE<br/>AGUA POTABLE.....</b>                     | <b>64</b> |
| 3.1 PROYECCIONES DE LA DEMANDA.....   | 65        |
| 3.1.1 Proyección de la Población  | 65        |
| 3.1.2 Proyección de la demanda de Agua Potable  | 66        |
| 3.2 ANÁLISIS DE MÁRGENES DE MANIOBRA PARA MEJORAR<br>LA CALIDAD DEL SERVICIO Y SU RENTABILIDAD..... | 68        |
| 3.2.1 Eficiencia  | 69        |
| 3.2.2 Estructura tarifaria  | 69        |
| 3.2.3 Productividad   | 70        |
| 3.3 MEDIDAS ADICIONALES PARA SATISFACER EL<br>INCREMENTO DE LA DEMANDA.....                         | 71        |
| 3.4 INTEGRACIÓN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES.....  | 71        |
| 3.5 PLAN DE ACCIÓN.....   | 74        |

|   |        |
|---|--------|
| - ANEXOS.....   | I      |
| A.1. ESTADISTICAS DE FUGAS.....   | II     |
| A.1.1. Diagnostico de fugas   | III    |
| A.1.2. Técnicas de detección de fugas   | III    |
| A.1.2.1. Información básica   | III    |
| A.1.2.2. Presión diferencial  | IV     |
| A.1.2.3. Distritos Pitométricos   | IV     |
| A.1.2.4. Trazadores   | VII    |
| A.1.3 Evaluación de fugas   | VII    |
| A.2. EVALUACIÓN DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS.....                          | IX     |
| A.2.1. Aforo de fugas   | XII    |
| A.2.1.1. Cálculos   | XII    |
| A.3. EVALUACIÓN DE FUGAS EN LA RED.....                                       | XIV    |
| A.3.1. Sondeos de presión en los Distritos Pitométricos                       | XV     |
| A.3.2. Medición global de consumo   | XV     |
| A.3.3. Determinación del volumen perdido en los Distritos Pitométricos        | XVI    |
| A.3.4. Patrones de ocurrencia de fugas  | XVIII  |
| A.3.5. Técnicas de reparación de fugas  | XVIII  |
| A.3.5.1 Elementos de decisión para el reemplazo o rehabilitación de tuberías. | XIX    |
| A.3.6. Evaluación de pérdidas totales por fugas                               | XIX    |
| A.4. REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN BÁSICA.....                                   | XXII   |
| A.4.1. Evaluación de fugas en la red  | XXII   |
| A.4.1.1. Información básica   | XXIII  |
| A.4.1.2. Selección y diseño de Distritos Pitométricos                         | XXIII  |
| A.4.2. Distritos Pitométricos   | XXIV   |
| A.4.2.1. Sondeos de presión en los Distritos Pitométricos                     | XXV    |
| A.4.2.2. Medición global de consumo   | XXV    |
| A.4.2.3. Determinación del volumen Perdido en los Distritos Pitométricos      | XXVII  |
| A.4.3. Evaluación de fugas en Tomas Domiciliarias                             | XXIX   |
| A.4.3.1. Obtención de gastos perdidos por fugas                               | XXXI   |
| A.4.3.2. Revisión del tamaño de la muestra                                    | XXXII  |
| A.4.3.3. Aforo de Fugas   | XXXIII |
| A.4.3.4. Evaluación de pérdidas totales por fugas                             | XXXIV  |
| A.5. ANALISIS GLOGAL DE PÉRDIDAS.....   | XXXVI  |
| A.5.1. Obtención de datos   | XLI    |

**- ANEXO DE PLANOS**

1. Plano de Topografía
2. Zonas de Disponibilidad
3. Lámina de condiciones Geohidrológicas
4. Lámina de Zonas de Veda
5. Plano General de la Red de tuberías
6. Plano de Sectores Socioeconómicos  
Láminas de Distritos Pitométricos
7. Jardines de Cuernavaca
8. Cuauhnáhuac
9. Chipitlán
10. Zapata
11. Plano de Uso de suelo

**- ANEXO DE FORMATOS DE REGISTROS DE CAMPO**

**- CONCLUSIONES**

**- BIBLIOGRAFIA**

# INTRODUCCION

Uno de los factores que más influye en la baja eficiencia de los sistemas de agua potable, es la pérdida de agua en la red de distribución, se estima que en promedio se pierde el 50% del agua que se suministra; por lo tanto, es necesario implantar estrategias y programas para controlarlas.

Para implantar un programa de control de pérdidas es preciso realizar primero una evaluación global de ellas, con el fin de establecer la cantidad de agua perdida, las tendencias que se manifiestan, los patrones de ocurrencia, las zonas con mayores daños, etc. De esta forma se podrán establecer tácticas y actividades conducentes a recuperar estos volúmenes más rápida y económicamente,

La metodología que se presenta aquí, fue desarrollada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) con un estudio piloto en la ciudad de Guaymas, Son., donde se establecieron los criterios y bases de análisis; posteriormente, fue establecida y generalizada a través de su aplicación en 14 ciudades más.

La bondad del método consiste en que la evaluación de fugas se realiza con base en muestreos de campo y aforo de fugas en tomas domiciliarias, medición de consumos en Distritos Pitométricos característicos de clases socioeconómicas y medición de pérdidas por sub y sobremedición en micromedidores, haciéndolo económico, rápido y confiable.

Los proyectos fundamentales son el conjunto de acciones, ya sean directas, indirectas o de apoyo, que permiten atacar las causas fundamentales que ocasionan las pérdidas, de forma ordenada y con actividades objetivas.

En el diagnóstico se evalúan los volúmenes de agua que se pierden, sus principales patrones de ocurrencia, sus tendencias, utilizando la metodología propuesta más adelante, y se identifican las causas que las están produciendo, a través del análisis de los proyectos básicos, las técnicas de detección de fugas, son elementales para obtener el diagnóstico.

Para poder cuantificar los volúmenes perdidos, se utilizó la metodología desarrollada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la evaluación de pérdidas, que resultó de combinar las experiencias de otros países, con la generada durante el estudio en Guaymas, Son. Esta metodología consiste en calcular primero el volumen total de fugas en tomas domiciliarias, a partir de los muestreos en campo de inspección y aforo.

Posteriormente, con las mediciones de consumos realizadas en Distritos Pitométricos, se estima el volumen de fugas de la red, calculado como la diferencia entre el volumen entregado menos el consumido por los usuarios y menos las fugas en tomas. Después, las pérdidas por mala medición, submedición menos sobremedición, determinado en la verificación en campo de la muestra de micromedidores. Finalmente, la estimación global de las pérdidas por una mala facturación de los consumos de agua en el sistema, se obtiene restando volúmenes (entregado a la red, menos el de fugas en tomas, menos el de fugas en la red, menos el de mala medición y menos el facturado por el sistema).

# CAPITULO I

## **ANTECEDENTES**

### 1.2 MARCO DE REFERENCIA

### 1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- OBJETIVO GENERAL
- OBJETIVOS ESPECIFICOS



# **CAPITULO I**

## **ANTECEDENTES**

La ciudad de Cuernavaca al igual que otras ciudades del país, ha presentado un crecimiento poblacional muy acelerado debido a la cercanía con el Distrito Federal, dicho crecimiento repercute directamente en la cobertura y calidad de los servicios de Agua Potable. Los cuales se han visto rezagados en cobertura y planeación, lo que ha originado que se tomen soluciones provisionales de ampliación de servicios y dichas ampliaciones han pasado a ser soluciones definitivas, esto a impactado directamente en la eficiencia de los servicios provocando que se tengan horarios de tandeos en el suministro del servicio y provocando que las actividades en la operación sean más complejas y difíciles de solucionar

El presente estudio dará una planeación realista de los recursos a aplicar a las necesidades jerarquizadas y adaptables al desarrollo que se obtenga en cada uno de los objetivos de crecimiento de la planeación a largo plazo para el sano desarrollo del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Cuernavaca (SAPAC).

El producto final de este estudio es la generación de un programa de inversiones, con acciones factibles, diseñadas para mejorar la eficiencia y capacidad del Organismo Operador para que pueda satisfacer las demandas actuales y futuras de la población, partiendo de que es un esfuerzo conjunto del SAPAC, Comisión Nacional del Agua (CNA), el Municipio y la Empresa Consultora, en la situación actual que vive el país, con los constantes cambios de condiciones económicas, políticas y sociales el concepto del presente estudio permitirá al Organismo Operador adecuarse con éxito a los cambios externos y realizar las acciones propuestas, asumiendo con sentido de pertenencia sus nuevas responsabilidades y tecnologías para garantizar la buena calidad de la administración de los recursos para mejorar los servicios que presta.

### **1.2 MARCO DE REFERENCIA**

La Comisión Nacional del Agua, la cual tiene entre sus responsabilidades implantar la política federal en materia hidráulica y ha establecido la Normatividad del programa de Agua Potable, vigila la ejecución y da asistencia a las autoridades estatales y municipales, dictaminando sobre la elegibilidad de los proyectos del programa de inversiones y recae en los organismos operadores la ejecución de los proyectos los cuales son clasificados en dos componentes; la de consolidación y la de infraestructura.





Cada proyecto desde su concepción es considerado en forma integral como el conjunto de obras y acciones programadas en un máximo de tres años y que contribuyen a resolver la problemática de la localidad y apoyan a la consolidación del organismo operador vinculado al proyecto.

El Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC), para llevar a cabo los proyectos que le permitirán tener satisfechas las demandas de la población, realiza la integración de un Diagnostico Técnico del Sistema de Agua Potable, el cual será la herramienta de planeación hidráulica más importante en la toma de decisiones tanto económicas como de una política de operación óptima de la infraestructura hidráulica vigente. Dicho documento le permitirá al Organismo Operador con la inversión mínima incrementar su eficiencia y su recaudación, con un programa de inversiones acorde con su nivel de ingresos para que pueda invertir en el crecimiento de su infraestructura de una manera más sana, permitiendo que los recursos generados por Sistema se apliquen de forma óptima.

## **1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este estudio es la generación de un programa de inversiones, con acciones factibles, diseñadas para mejorar la eficiencia y capacidad del Organismo Operador para que pueda satisfacer las demandas actuales y futuras de una forma adecuada y racional a la población.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar la organización a cargo de la administración de operación de los servicios de Agua Potable, señalando sus partes débiles y sus potencialidades, para proponer un programa de acciones que contribuyan a la consolidación del organismo.
- Hacer un Diagnostico Técnico de la infraestructura existente, identificando aquellas acciones de mínimo costo que impacten los servicios en el corto plazo.
- Formulación de un plan de inversiones en obras y acciones para el mejoramiento de los servicios de agua potable, en el corto, mediano y largo plazo.
- Identificar, jerarquizar y programar aquellas obras y acciones que satisfagan adecuadamente la demanda de agua en cantidad y calidad, en el mediano y largo plazo.



- Conocer las características básicas de la infraestructura hidráulica, conque cuenta el sistema de distribución.
- Conocer y caracterizar a usuarios del sistema.

## ***CAPITULO II***

### ***DIAGNÓSTICO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE***

#### **2.1 ENTORNO GENERAL**

#### **2.2 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA**

#### **2.3 ENTORNO ESPECÍFICO**

#### **2.4 SINTESIS INTEGRAL DEL DIAGNÓSTICO**



## **CAPITULO II**

# **DIAGNÓSTICO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE**

### **2.1 ENTORNO GENERAL**

#### **2.1.1. Descripción del área de estudio**

El municipio de Cuernavaca se localiza en la porción noreste del estado, entre los paralelos 18°52'00" y los 19°00'00" de latitud norte y entre los meridianos 99°10'00" y 99°19'00" de longitud oeste del meridiano de Greenwich; su altura sobre el nivel del mar es de 1,538 mts.

Cuenta con una extensión territorial de 207.8 km<sup>2</sup>, cifra que representa el 4.19% del total del estado. Limita al norte con Huitzilac; al sur con Emiliano Zapata y Temixco; al este con Tepoztlán y Jiutepec y al Oeste con el Estado de México.

Políticamente está dividido en 48 localidades, siendo la más importantes la cabecera municipal, Ahuatepec, Buena Vista del Monte, Acapatzingo, Santa María Ahuacatlán, Alta Vista, Amatlán, Atzingo, Bella Vista, Cantarranas, Centenario, las Colmenas, Chamilpa, Chapultepec, Chipitlán, Las Delicias, Flores Magón, Granjas Huertas Las Delicias, Los Huertos Jiquilpán, Lomas de Cortés, Lomas de Aguila, Lomas de la Selva, Ocotepc, Palmira, Reforma, El Salto, San Cristóbal, Tetela del Monte, Tlaltenango, Vicente Guerrero, Vista Hermosa, Benito Juárez y Satélite.

La mancha urbana de Cuernavaca, está conformada con 186 colonias que representan una superficie aproximada de 7, 434 hectáreas y cuyos límites son los señalados en el Programa de Desarrollo Urbano para la Ciudad de Cuernavaca, que elaboró el Gobierno del Estado de Morelos a través de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas, quedando dentro de estos límites, el área de servicio que atiende actualmente el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC), encargado de la operación y mantenimiento del sistema hidráulico.



La distribución del agua no es eficiente ya que el servicio es tandeado en parte de la ciudad; la infraestructura de regulación es subutilizada y muchas de las líneas de conducción funcionan dando servicio en ruta lo que disminuye su eficiencia, por otro lado la falta de válvulas de control de presión aunado a la topografía del terreno origina que se tenga un nivel de pérdidas alto.

El presente estudio analiza la forma de operación actual y propone distintas alternativas para mejorar el sistema de agua potable, es por ello que la zona de estudio será exclusivamente la Ciudad de Cuernavaca, para lo cual a continuación se describen sus características particulares:

### **Orografía**

El valle donde se halla la Ciudad de Cuernavaca está delimitado al norte por el cerro del Ajusco que forma lomeríos. El tamaño del valle depende de la dirección que tienen las principales barrancas que lo cruzan y que son la Barranca de Tecolote, la del Túnel o del Diablo y la Toma de Amanalco. La loma occidental es una prolongación de los cerros de Tetela y Atzingo que forman una serie de columpios que terminan en la barranca del Salto.

Las principales alturas son los cerros de Zempoala, el del Campanario y el del Aire, al que forman la serranía de Chalma y Ocuila. Al oriente tenemos la serranía de Tepoztlán y el cerro de la Herradura.

Se presentan tres formas de relieve, zonas accidentadas que cubren el 24.2% del terreno, al centro, oeste y norte del municipio; zonas semiplanas con una extensión de 70.7% del terreno, al centro - oriente del municipio, y zonas planas que abarcan el 5.1% del terreno, al sureste y suroeste del municipio, la descripción anterior puede observarse en el plano de topografía (plano No. 1).

### **Hidrografía**

El área de estudio pertenece a la región hidrológica "Río Balsas", que abarca la totalidad de Morelos, el extremo suroeste del Estado de México, una pequeña fracción del sur del Distrito Federal y del suroeste de Puebla y el extremo norte de Guerrero.

Por su parte, el municipio de Cuernavaca se encuentra dentro de la Cuenca del río grande de Amacuzac, la cuál ocupa una superficie de 4,303.39 km<sup>2</sup>. Su corriente principal es uno de los más importantes afluentes derechos del Río Balsas y se origina en las faldas del volcán Nevado de Toluca, a una altitud de 2,600 m.s.n.m.. El desarrollo total del río Amacuzac es de aproximadamente 240 Km..



### **Aguas Superficiales**

Los cauces formados en época de lluvias, en las barrancas de Minaltepec, Ajocomulco, Los Caldos con cascada de San Antón, Los Pocitos, del Pollo y del Chiflón, unidos forman el río Cuernavaca; los cauces de Tepoztitlán y Mexicapa, forman el Río Tembembé; otras corrientes son las de las barrancas de las Canoas, que cruzan a Tetela del Monte y se unen a la de Atzingo; la del Tecolote que forman el Salto de San Antón; la de Amanalco que desemboca en el río Apatlaco; la de los Otates; la de Santa Ursula desembocando en el río Tetlama; y la del Muerto que nace en Ahuatepec y atraviesa la colonia Flores Magón.

Sus principales escurrimientos son el río Apatlaco con sus dos afluentes principales que son El Pollo de Chapultepec, la Noria de Chamilpa, el Limón y la India. (lámina de Zona de Disponibilidad. Plano No. 2).

### **Aguas Subterráneas**

Los principales aprovechamientos de agua subterráneas del Estado de Morelos provienen de manantiales y de menor escala de pozos y norias. (véase Lámina de Zonas de Disponibilidad. Plano No. 3).

La mayoría de los manantiales se localizan en la porción central y septentrional del estado. Sobresalen por su gran caudal Chapultepec y el Salto. De las norias, la de mayor importancia es la que se localiza dentro de la ciudad de Cuernavaca, un kilómetro al norte de los manantiales de Chapultepec, la cuál tiene un gasto de 32 lps, sin abatimiento (véase lámina de Condiciones Geohidrológicas. Plano No. 3).

En el centro y el sur del estado afloran rocas calizas cretáceas; sobre las cuales descansa un gran depósito de sedimentos continentales terciarios, integrantes del grupo Balsas y de la formación Cuernavaca.

En Cuautla y el valle de Cuernavaca existen afloramientos con grandes volúmenes de agua, mismos que son utilizados para el abastecimiento de Agua Potable para las poblaciones cercanas; el excedente se destina a los Distritos de riego que ahí existen. En estas zonas la permeabilidad es alta, los acuíferos pueden ser del tipo libre o confinado y su comportamiento depende de las condiciones de depósito en que se encuentran localizados (véase Lámina de Zonas de Veda. Plano No. 4).



## **Geología**

Es aquí donde afloran las rocas más antiguas de Morelos, que son las del Cretáceo Interior; litológicamente están clasificadas como calizas de ambiente marino. El Cretáceo Superior está representado por una secuencia interestratificada de areniscas y lutitas. Del Cenozoico afloran tanto rocas sedimentarias como rocas volcánicas que cubren discordantemente a las rocas del Cretáceo; existen derrames de andesitas, riolitas, tobas, brechas volcánicas y derrames de basalto; asociados a las rocas volcánicas encontramos algunos pequeños cuerpos intrusivos que afectan a las rocas cretácicas y producen mineralización.

El municipio es atravesado por la fractura Clarión de la que probablemente se desprende la barranca de Amanalco, cruzándose al nor-orienté de la ciudad con la falla Apam. Todo el municipio está considerado como de alta actividad sísmica y generalmente los sismos que se registran en el estado, tienen localizado su epicentro en los estados de Puebla, Guerrero y Oaxaca.

## **Climatología**

La temperatura media del municipio es de 20°C, al norte del municipio se tiene un clima templado con lluvias en verano con una precipitación media anual mayor a 800 mm; el resto del municipio presenta clima subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual se oscila entre 18°C y 22°C y una precipitación media anual de 1096 mm.

## **Servicios**

Recibe los servicios de teléfono con lada, correo, telégrafo, señales de radio y televisión, telecable y telex, las comunidades apartadas cuentan con servicio de telefonía rural vía satélite. La transportación se realiza a través de autobuses, microbuses y taxis, independientemente de los vehículos propios de la población de Cuernavaca.

Las comunidades del municipio cuentan con los servicios de agua potable, drenaje, energía eléctrica, alumbrado público, vialidad pavimentada, mercados, rastro, panteones, parques, plaza pública, oficinas municipales y delegaciones.



**DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS EN LA CIUDAD DE CUERNAVACA, MOR.**

|                   | Disponen | No disponen | No especificadas |
|-------------------|----------|-------------|------------------|
| Energía eléctrica | 76,290   | 336         | 96               |
| Agua potable      | 72,895   | 3709        | 118              |

TABLA 2.1.

\* Datos al 5/ nov. /95

\* Los números corresponden a número de viviendas

**2.1.2 Características socioeconómicas de la población**

La población registrada en el municipio de Cuernavaca en los últimos censos fue de:

| AÑO  | HABITANTES | TASA DE CRECIMIENTO (%) | VIVIENDAS | DENSIDAD POR VIVIENDA (HAB/VIVIEN) |
|------|------------|-------------------------|-----------|------------------------------------|
| 1970 | 160,804    | 6.51                    |           |                                    |
| 1980 | 232,355    | 3.75                    |           |                                    |
| 1990 | 281,294    | 1.93                    | 63,069    | 4.46                               |
| 1995 | 316,760    | 2.24                    | 77,258    | 4.1                                |

TABLA 2.2.

El crecimiento de la mancha urbana de la Ciudad de Cuernavaca, Mor. , se ha comportado de la siguiente manera: La tasa de crecimiento municipal presenta un incremento en el periodo 1930-1950, al pasar del 5.45% en la década 1930-1940 al 7.91% en la de 1940-1950, descendiendo al 4.54% en la década 1950-1960 y ascendiendo de nuevo a 6.51% en la década 1960-1970, y en el periodo 1970-1990 descendió hasta 1.93 finalmente la última tasa de crecimiento obtenida en el periodo 1990-1995 fue de 2.24%; Debido a que no se ha presentado un crecimiento estable y proporcional al paso del tiempo, para efectos del estudio se han considerado las proyecciones de la población publicadas por la Comisión Nacional de Población al año 2010.

**POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA**

| INDICADORES                              | MPIO. DE CUERNAVACA (HAB.) | (%)          |
|--|----------------------------|--------------|
| POBLACIÓN TOTAL                          | 316,760                    | 100          |
| POBLACIÓN MAYOR A 12 AÑOS                | 235,986.2                  | 74.5         |
| <b>POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA</b>   | <b>179,083</b>             | <b>56.52</b> |
| OCUPADOS                                 | 171,227                    | 95.64        |
| DESOCUPADOS                              | 7,806                      | 4.36         |
| <b>POBLACION ECONOMICAMENTE INACTIVA</b> | <b>137,601</b>             | <b>43.44</b> |
| FACTOR DE DEPENDENCIA                    |                            |              |
| NO ESPECIFICADO                          | 126.                       | 04           |

TABLA 2.3.





**DISTRIBUCIÓN SECTORIAL DE LA  
 POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA**

| SECTOR            | %             |
|-------------------|---------------|
| SECTOR PRIMARIO   | 3.7           |
| SECTOR SECUNDARIO | 26.00         |
| SECTOR TERCIARIO  | 70.20         |
| NO ESPECIFICADO   | 0.1           |
| <b>TOTAL</b>      | <b>100.00</b> |

TABLA 2.4.

**POBLACIÓN OCUPADA POR RAMA DE ACTIVIDAD**

| RAMA DE ACTIVIDAD                         | PEA            | (%)          |
|---|----------------|--------------|
| <b>SECTOR PRIMARIO</b>                    | <b>11,720</b>  | <b>3.7</b>   |
| AGRICULTURA, GANADERIA Y PESCA            | 11,720         | 3.7          |
| <b>SECTOR SECUNDARIO</b>                  | <b>82,358</b>  | <b>26.00</b> |
| INDUSTRIA EXTRACTIVA Y DE LA ELECTRICIDAD | 2,851          | 0.9          |
| INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION            | 47,197         | 14.9         |
| CONSTRUCCION                              | 32,310         | 10.2         |
| <b>SECTOR TERCIARIO</b>                   | <b>222,365</b> | <b>70.2</b>  |
| COMERCIO                                  | 63,352         | 20.0         |
| SERVICIOS                                 | 123,536        | 39.0         |
| TRANSPORTE Y COMUNICACIONES               | 21,223         | 6.7          |
| GOBIERNO                                  | 14,254         | 4.5          |
| <b>NO ESPECIFICADO</b>                    | <b>316</b>     | <b>0.1</b>   |

TABLA 2.5.

**2.1.3. Legislación vigente**

Mediante el acuerdo expedido el 25 de agosto de 1995, en cumplimiento a lo dispuesto por el artículo 2º de la Ley Estatal de Agua Potable, determinó que la prestación del servicio público de conservación, agua potable y saneamiento, quedará a cargo de un organismo público descentralizado del municipio con personalidad jurídica y patrimonio propios y con funciones de autoridad administrativa.

Mediante un acuerdo se crea el **Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del municipio de Cuernavaca (SAPAC)** el día once de octubre de mil novecientos noventa y cinco, dictaminando los siguientes puntos en el ámbito técnico:

**NATURALEZA Y OBJETIVO:**

Se crea el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del municipio de Cuernavaca, descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propios. Este organismo se integrará al estado de Morelos.



Este organismo tiene por objeto prestar y administrar el servicio público de agua potable, así como estudiar, proyectar, presupuestar, construir, rehabilitar, ampliar, operar, administrar y mejorar tanto los sistemas de captación y conservación de agua, potabilización, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable.

Proporcionar a los centros de población y asentamientos humanos, los servicios descritos anteriormente.

Formular y mantener la actualización del padrón de usuarios de los servicios a su cargo.

Aplicar las cuotas o tarifas a los usuarios de los servicios a su cargo.

Aplicar el procedimiento administrativo de ejecución fiscal sobre los créditos derivados de los derechos por los servicios de agua potable, conservación y mantenimiento.

Ordenar y ejecutar la suspensión del servicio, previa su limitación en el caso de su uso doméstico, por falta reiterada de pago imputable al usuario, así como en los demás casos que se señalan en la ley.

Realizar las gestiones que sean necesarias a fin de obtener los financiamientos que se requieran para la completa prestación de los servicios.

Apoyar técnicamente y fijar, sobre las bases establecidas por el Congreso del Estado, las cuotas o tarifas, cuando de conformidad con la ley, se concesione, se permita o se autorice a particulares, la conducción, distribución, envase o transporte de aguas para servicio al público

Realizar obras para agua potable dentro de la jurisdicción de Cuernavaca.

Formular y mantener actualizado el inventario de bienes y recursos que integran al patrimonio.

Promover programas de agua potable y de uso racional del líquido.

Utilizar todos los ingresos que se recauden, de los servicios públicos de agua potable para su conservación y mantenimiento.

Supervisar y autorizar proyectos de factibilidad de agua potable, así como la construcción de la infraestructura hidráulica.



Someter a consideración de la junta de gobierno, la recepción de las fuentes de abastecimiento, redes de distribución, tanques de almacenamiento, así como el padrón de usuarios actualizado y al corriente de pago, previo dictamen técnico y administrativo del sistema operador.

Efectuar análisis bacteriológicos y físico - químicos que garanticen la calidad del agua que abastece.

Informar con oportunidad a los usuarios, cuando por reparaciones preventivas y correctivas del servicio, tenga que suspenderse temporalmente, implementando los operativos de suministro vía carrocería.

### **DISPOSICIONES GENERALES:**

El sistema contará con la estructura técnica, operativa y administrativa necesaria para la realización de su objeto.

Los integrantes de los órganos de Gobierno del Sistema y su personal de confianza serán responsables en los términos de la ley de Responsabilidades de los servidores públicos del estado.

## **2.2 EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA**

Para poder cuantificar los volúmenes perdidos, se utilizó la metodología desarrollada por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la evaluación de pérdidas, que resultó de combinar las experiencias de otros países, con la generada durante el estudio en Guaymas, Son. Esta metodología consiste en calcular primero el volumen total de fugas en tomas domiciliarias, a partir de los muestreos en campo de inspección y aforo; posteriormente, con las mediciones de consumos realizadas en DISTRITOS PITOMÉTRICOS, se estima el volumen de fugas de la red, calculado como la diferencia entre el volumen entregado menos el consumido por los usuarios y menos las fugas en tomas. Después, las pérdidas por mala medición submedición menos sobremedición, determinado en la verificación en campo de la muestra de micromedidores, finalmente, la estimación global de las pérdidas por una mala facturación de los consumos de agua en el sistema, se obtiene restando volúmenes (entregado a la red, menos el de fugas en tomas, menos el de fugas en la red, menos el de mala medición y menos el facturado por el sistema). Ver anexo de Evaluación de pérdidas en el Sistema de Agua Potable de Cuernavaca, Mor.



### 2.2.1 Revisión de la información básica

La Ciudad de Cuernavaca se dividió en sectores socioeconómicos, a fin de que las condiciones de consumo sean similares entre los usuarios (residencial, media, popular, comercial e industrial), posteriormente se utilizó el plano de la red de agua potable, se busco que las zonas a aislar tuvieran el menor número de entradas y salidas, otro aspecto que se requería es que las zonas contaran con servicio las 24 horas del día.

Otro de los aspectos cuidados fueron los datos proporcionados por el organismo operador, con relación a la edad de las tuberías, ya que como sucede en otras poblaciones el centro ocupa las tuberías más antiguas y las periferias las tuberías más nuevas.

Se determinaron las presiones medias en los sectores hidráulicos para la ciudad de Cuernavaca, y se revisaron las presiones en los Distritos Pitométricos ya que se presentan diversas presiones en la red que oscilan entre 0.5 hasta mayor a 7 kg/cm<sup>2</sup>, debido a la topografía de la ciudad.

### 2.2.2 Trabajos preliminares

#### 2.2.2.1 Evaluación de fugas en la red

La evaluación del gasto por fugas en la red de distribución se llevó a cabo mediante la técnica de Distritos Pitométricos, la cual consiste en aislar sectores del sistema de distribución con el objetivo de efectuar un balance entre las componentes de entrada y salida de este sector de la red de distribución.

Para efectuar este cálculo se establecieron 4 Distritos Pitométricos, los cuales son representativos de las zonas socioeconómicas: Residencial, Media, Baja y Comercial, se hace la aclaración que Cuernavaca no tiene en su municipio una zona industrial propiamente, ya que esta se ubica en el municipio de Jiutepec, conocida como CIVAC (Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca).

El volumen de agua entregado a los Distritos Pitométricos, se obtuvo por medio de aforos realizados con equipo de Pitometría, en los cuales se instalaron registradores de gasto continuo, los cuales funcionaron las 24 hrs durante 7 días continuos.

Para conocer el consumo *per-capita* y el total consumido por el Distrito, (VC), se requirió hacer un estudio de consumos, mediante la instalación y lecturas de una muestra de micromedidores calibrados en cada DISTRITO, además de realizar el censo de las viviendas incluidas en cada Distrito, para conocer el índice de hacinamiento real, y así conocer el gasto de fugas en tomas domiciliarias.



### 2.2.2.1.1 Información básica

Para la selección y puesta en operación de cada uno de los DP's, se requirió de:

El plano general de la red de tuberías para poder determinar el cierre en cada uno de los Distritos.

El plano de sectores socioeconómicos y así poder clasificarla en zonas: comercial, industrial, domestico, para poder saber a cual pertenece cada Distrito,

Para determinar el régimen de presión homogénea de cada uno de estos Distritos, se realizó un sondeo de presiones en distintos puntos, en la llave de nariz de las viviendas con un manómetro tipo Bourdon.

La disponibilidad del equipo de Pitometría, para realizar los aforos en las tuberías de suministro a los DISTRITOS y conocer los consumos reales.

Para conocer la población total correspondiente a cada DISTRITO PITOMÉTRICO se realizó un censo en todos y cada uno de los domicilios de este, obteniendo un promedio de habitantes por toma, para después extrapolarlo al total de tomas que se encuentran dentro del mismo y así obtener el total de habitantes.

### 2.2.2.1.2 Selección y diseño de Distritos Pitométricos

Tomando como base la información técnica proporcionada por el Organismo Operador, y realizando recorridos en los Distritos Pitométricos propuestos con personal del Organismo Operador, se seleccionaron los 4 Distritos definitivos, cumpliendo las características tanto socioeconómicas y factibilidad de aislarse por medio de válvulas limitrofes, (se anexan planos de cada Distrito).

Los elementos esenciales que se consideraron para la elección de los Distritos Pitométricos son los siguientes: Características del nivel socioeconómico para el uso Doméstico, Residencial, Media, Popular, además se eligió uno de zona Comercial.

La presión en el Distrito debe ser aproximadamente la misma (régimen de presión constante), para lo cual en la mayoría se seccionaron mediante cierre de válvulas, con lo que se asegura el seccionamiento de la red. Así mismo, se identifica en planos de los Distritos Pitométricos, tanto el sentido del flujo, la ubicación de las válvulas limitrofes y las características de la red.

También se tomaron en cuenta las actividades necesarias para la instalación de los equipos de medición y excavación de zanjas en puntos fuera de interferencias como cambios de dirección, con el fin de instalar la válvula de tipo Muller, el tubo Pitot y el registrador gráfico, en algunos puntos se tuvieron que instalar cajas provisionales para proteger el equipo y que la medición no se viera alterada por factores externos.



## DISTRITOS PITOMÉTRICOS

### **Distrito Jardines de Cuernavaca**

Este circuito se encuentra enclavado en la zona sur-oriente en la col. Jardines de Cuernavaca, en el municipio de Cuernavaca, y se localiza en el sector hidráulico 4, este Distrito pertenece a la zona socioeconómica alta. La medición del Distrito se realizó en la tubería que sale del pozo Jardines de Cuernavaca el cual se ubica en la calle Sol entre la privada Plutón y la calle Mercurio; ver plano del Distrito Pitométrico (Plano No. 7).

La tubería de alimentación al Distrito es de asbesto cemento de 6" de diámetro  
Número de habitantes en el Distrito. **2,189 hab.**  
Número de tomas en el Distrito. **555 tomas**  
Índice de hacinamiento **4 hab/toma**

### **Distrito Cuauhnáhuac**

Este Distrito se encuentra limitado por la Av. Cuernavaca, entre la Av. Central y la calle Miguel Hidalgo, hasta la calle Lagunas de Zempoala, cuenta con servicio las 24 horas, pertenece a la zona socioeconómica media y esta ubicado en el sector hidráulico 3; ver plano del Distrito Pitométrico (Plano No. 8).

La tubería de alimentación al Distrito es de 4" de diámetro  
Número de habitantes en el Distrito. **610 HAB.**  
Número de tomas en el Distrito **144 tomas**  
Índice de hacinamiento **5 hab/toma**

### **Distrito Chipitlán**

Este Distrito se encuentra localizado en la col. Los pilares, limitada entre el panteón de La Paz y el Río del Pollo, en este Distrito se localizan dos tanques con un rebombeo, además de que cuenta con servicio de agua durante las 24 hrs, pertenece a la zona socioeconómica popular y esta registrado en el sector hidráulico 2; ver plano del Distrito Pitométrico (Plano 9).

La tubería de alimentación a la red del Distrito es de 4" de diámetro nominal  
Número de habitantes en el Distrito. **391 hab**  
Número de tomas en el Distrito **94 tomas**  
Índice de hacinamiento **4 hab/toma**



### **Distrito Zapata**

Este Distrito pertenece a la zona comercial, ubicado al poniente de la Av. Emiliano Zapata, limitado entre la Av. Manuel Avila Camacho y Cjon. Tlaltenango, al sur del sector 1; este Distrito cuenta con servicio de agua de aproximadamente 5hrs. , de 5:00 a 10:00 a.m.; (Ver Plano No. 10).

La tubería de alimentación a la red de este Distrito es de 6" de diámetro  
Numero de tomas en el Distrito. 23 Tomas

#### **2.2.2.1.3 Sondeos de presión en los Distritos Pitométricos**

Los sondeos de presión en los Distrito Pitométricos se efectuaron para definir las zonas de abastecimiento homogéneas y determinar con precisión los límites del Distrito Pitométrico, los puntos críticos de presión en el interior del Distrito desde los puntos más elevados del Distrito hasta los puntos de mayor presión de los mismos. Para desarrollar esta etapa se tomaron una serie de medidas de presión en las llaves de nariz de las viviendas con manómetros tipo Bourdon, comprobando la homogeneidad de las mismas, ya que los Distritos Pitométricos se abastecen de una sola línea de alimentación.

Para tener una mejor apreciación de la red de agua potable y del funcionamiento de las válvulas limitrofes, se realizó un levantamiento físico de todas las cajas de válvulas existentes en la red de agua potable de cada Distrito Pitométrico.

El aislamiento de los Distritos Pitométricos en algunos cruceros, consistió en cerrar las válvulas de paso, y las válvulas limitrofes se ajustaron para que la compuerta pudiera realizar su buen funcionamiento, posteriormente se procedió a realizar una prueba de cierre de Distritos, el cual consiste en tomar la presión en los sitios antes mencionados, asegurándose que la presión disminuya notablemente, hasta registrar una presión nula, al cabo de un tiempo razonable, y así quedar vacía la red.

#### **2.2.2.1.4 Medición global de consumo**

Una vez localizada la tubería de alimentación al Distrito Pitométrico se procedió a colocar una válvula de inserción de 1" por medio de una máquina insercionadora "MULLER", en la cual se apoya el equipo de Pitometría para hacer el aforo instantáneo calibrar el equipo e instalar el registrador de gasto, se realizó la medición del consumo y en el anexo de pérdidas se pueden observar los gastos reportados cada 15 minutos y los gastos globales de cada uno de los Distritos Pitométricos, se incluyen los cuadros de consumo donde se muestran las características principales de cada Distrito Pitométrico, y las gráficas de variación del consumo en 24 horas, en los 7 días en los cuales fue medido el consumo.



**INDICE DE CONSUMO EN LOS 4 DISTRITOS PITOMETRICOS DE LA CD. DE CUERNAVACA**

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO HORARIO PROMEDIO CHP (M3/H) | CONSUMO HORARIO MAXIMO CHM (M3/H) | CONSUMO MINIMO NOCTURNO CMN (M3/H) | INDICE CONSUMO HORARIO MAXIMO ICHM | INDICE CONSUMO HORARIO MINIMO NOCTURNO ICHM | CONSUMO ESPECIFICO PROMEDIO |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 121.5181                            | 136.3400                          | 32.0208                            | 1.1220                             | 0.2635                                      | 6.8524                      |
| ZONA MEDIA COL. CUAUHNAHUAC           | 40.3748                             | 57.9420                           | 34.3360                            | 1.4351                             | 0.8504                                      | 14.9594                     |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 7.1007                              | 7.8781                            | 5.9918                             | 1.1095                             | 0.8438                                      | 0.9877                      |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA        | 6.1630                              | 9.6023                            | 1.9842                             | 1.5581                             | 0.3220                                      | 3.2310                      |

TABLA 2.6.

**CONSUMOS EN DISTRITOS PITOMETRICOS EN LA CD. DE CUERNAVACA MORELOS.**

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO PROMEDIO x DIA | HAB. Ó TOMAS | DOTACION L/HAB/DIA | UNIDAD                             | HORAS DE SERVICIO x DIA |
|---------------------------------------|------------------------|--------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 2,916,433              | 2775         | 404.00             | litros/hab/día                     | 24 HORAS                |
| ZONA MEDIA COL. CUAUHNAHUAC           | 968,995                | 720          | 317.00             | litros/hab/día                     | 24 HORAS                |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 170,417                | 391          | 224.00             | litros/hab/día                     | 24 HORAS                |
| ZONA COMERCIAL CALLE EMILIANO ZAPATA  | 26624.01               | 11<br>26     | 1264.48<br>170     | Litros/toma/día<br>Litros/hab./día | 4 HORAS<br>19 MINUTOS   |

TABLA 2.7.





Los consumos son representativos de cada una de las zonas socioeconómicas analizadas, cabe hacer notar que en el Distrito Pitométrico de la zona comercial, existen casas habitación por lo que se tiene una mezcla de consumos como lo muestra la tabla anterior y se puede ver en el anexo de Pitometría la encuesta a usuarios realizada en dicho Distrito.

#### **2.2.2.1.5 Determinación del volumen perdido en los Distritos Pitométricos**

Los resultados del volumen perdido en los Distritos Pitométricos, se obtienen de la información de campo relativa a las pérdidas por fugas en las redes de agua potable,

Con base en los volúmenes entregados, CT, los cuales se muestran en la tercera columna de la tabla 2.8. para cada uno de los Distritos Pitométricos, se obtienen los porcentajes de pérdidas en la red, (%PR), los cuales se muestran en la penúltima columna de esta tabla; estos alcanzan hasta el **54%** en promedio de los Distritos, presentándose el valor más bajo en el Distrito Comercial, con un porcentaje del **31%**

Para calcular el volumen consumido por los usuarios, se tomaron en cuenta los Consumos Per-capita Domiciliarios Reales (CPDR) y el número de habitantes en cada uno de los Distritos Pitométricos.

Los valores utilizados en los porcentajes de tomas con fuga (%Tf), y el valor promedio de fuga por toma (Qmf) de la tabla 2.8. se obtuvo de la tabla 2.11., tomando valores representativos de toda la Cd. de Cuernavaca, lógicamente tomando en cuenta el número real de tomas totales en cada uno de estos.

Si se toma en cuenta la pérdida física total, es decir, la que ocurre simultáneamente en las tomas domiciliarias y en la red, se toma crítica en el Distrito de zona media, ya que llega hasta un valor del **76%**, mas sin en cambio, en el sector comercial tiene un valor del **31%**. ver tabla 2.8.

ANALISIS DE PERDIDAS EN RED Y TOMAS DOMICILIARIAS EN DISTRITOS PITOMETRICOS EN UN DIA

| DISTRITO PITOMETRICO                  | ZONA | CONSUMO TOTAL CT (LTS) | NUM. DE HAB. Tomas | CPDR L/HD U/hora/D | VOLUMEN CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA TI % | GASTO MEDIO Qm <sup>3</sup> (L/seg.) | Km de RED | NUMERO de TOMAS | VOL. FUGA EN T. DOM. (LTS) | VOL. FUGA EN RED (LTS) | % FUGAS EN TOMA DOM. | % FUGAS RED | % FUGA TOTAL |
|---------------------------------------|------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------|-------------|--------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 4    | 2,916,433              | 2,775              | 404.00             | 1,121,100                | 1,795,333                | 21.57%      | 0.0815                               | 4.9201    | 555             | 843,440                    | 951,893                | 29%                  | 33%         | 62%          |
| ZONA MEDIA COL.                       |      |                        |                    |                    |                          |                          |             |                                      |           |                 |                            |                        |                      |             |              |
| CUALIHNAHUAC                          | 3    | 968,995                | 720                | 317.00             | 228,240                  | 740,755                  | 15.38%      | 0.0815                               | 0.7497    | 144             | 158,038                    | 584,718                | 18%                  | 60%         | 78%          |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 2    | 170,417                | 391                | 224.00             | 87,360                   | 83,057                   | 8.33%       | 0.0815                               | 1.9970    | 94              | 55,168                     | 27,890                 | 32%                  | 16%         | 49%          |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA        | 1    | 26,624                 | 11                 | 1,264.48           | 13,909                   | 8,295                    | 17.50%      | 0.0815                               | 0.5299    | 23              | 5,100                      | 3,194                  | 19%                  | 12%         | 31%          |

TABLA 2.8.a.

| DISTRITO PITOMETRICO                  | ZONA | CONSUMO TOTAL CT (LTS) | NUM. DE HAB. | CPDR L/HD | VOL. CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA TI % | GASTO MEDIO Qm <sup>3</sup> (L/seg.) | Km de RED | NUMERO TOMAS | VOL. FUGA EN T. DOM. (LTS) | VOL. FUGA EN RED (LTS) | % FUGAS EN TOMA DOM. | % FUGAS RED | % FUGA TOTAL |
|---------------------------------------|------|------------------------|--------------|-----------|-----------------------|--------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------|--------------|----------------------------|------------------------|----------------------|-------------|--------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 4    | 2,916,433              | 2,775        | 404.00    | 1,121,100             | 1,795,333                | 21.57%      | 0.0984                               | 4.9201    | 555          | 1,018,013                  | 777,320                | 35%                  | 27%         | 62%          |
| ZONA MEDIA COL.                       |      |                        |              |           |                       |                          |             |                                      |           |              |                            |                        |                      |             |              |
| CUALIHNAHUAC                          | 3    | 968,995                | 720          | 317.00    | 228,240               | 740,755                  | 15.38%      | 0.0984                               | 0.7497    | 144          | 188,334                    | 552,421                | 19%                  | 57%         | 76%          |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 2    | 170,417                | 391          | 224.00    | 87,360                | 83,057                   | 8.33%       | 0.0984                               | 1.9970    | 94           | 66,586                     | 16,471                 | 39%                  | 10%         | 49%          |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA        | 1    | 26,624                 | 11           | 1,264.48  | 13,909                | 8,295                    | 17.50%      | 0.0984                               | 0.5299    | 23           | 6,156                      | 2,139                  | 23%                  | 8%          | 31%          |

TABLA 2.8.b.



### 2.2.2.2 Evaluación de Fugas en Tomas Domiciliarias

Se determinó el tamaño de la muestra con la teoría del muestreo estadístico aleatorio estratificado, de donde se obtuvo un tamaño de la muestra por inspeccionar con un nivel de confianza del 95%. Para inicio de esta actividad de 196 inspecciones. Resultando un número mayor (198) al aplicar la proporción preestablecida por zona catastral y obteniendo un número mínimo de 30 muestras por cada una de las zonas en que se dividió la ciudad de Cuernavaca.

La evaluación de fugas en las tomas domiciliarias consiste en determinar la cantidad de agua total que se pierde en la ciudad a través de estas tomas, así como sus causas y tendencias de ocurrencia. Y se realiza mediante dos muestreos de campo para:

- a) Inspeccionar la ocurrencia de fugas en tomas seleccionadas aleatoriamente, para definir el porcentaje de conexiones con fuga.
- b) Excavar tomas con fugas para aforarlas y reportar las causas que las produjeron, también seleccionadas aleatoriamente, para determinar el gasto promedio que se pierde por fuga y con este gasto calcular los volúmenes totales perdidos.

De la experiencia lograda en los estudios de pérdidas hechos por el IMTA, se observa que un nivel de confianza del 95% y un error en la estimación del 5% arroja buenos resultados.

Al aplicar las ecuaciones anteriormente expuestas se obtuvo la muestra para el caso específico de Cuernavaca obteniendo lo siguiente. Cabe mencionar que para este estudio se respetaron los cinco sectores con los que opera actualmente el organismo con la finalidad de no interferir en su programa de operación.

La muestra para cada sector con la información que fue calculada es la siguiente:

**TAMAÑO DE MUESTRA PARA CADA SECTOR HIDRÁULICO**

| SECTOR | POBLACION | TOMAS A.P. | % FUGAS EN TOMA | TAMAÑO DE LA MUESTRA | TAMAÑO DE LA MUESTRA |
|--------|-----------|------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| 1      | 68,727    | 14,027     | 15              | 41                   | 41                   |
| 2      | 49,241    | 10,049     | 15              | 29                   | 30                   |
| 3      | 78,551    | 16,032     | 15              | 46                   | 46                   |
| 4      | 86,698    | 17,693     | 15              | 51                   | 51                   |
| 5      | 48,806    | 9,922      | 15              | 29                   | 30                   |
| TOTAL  | 332,023   | 67,723     | 15              | 196                  | 198                  |

**TABLA 2.9.**



De la muestra anterior los resultados que se obtuvieron son los siguientes:

**ENCUESTAS A REALIZAR EN CADA DISTRITO PITOMETRICO**

| ZONA     | MUESTRA | I.P.F. | V.M. | R.T. | Encuesta Usuarios en D.P. | Tomas Distrito Pitométrico |
|----------|---------|--------|------|------|---------------------------|----------------------------|
| SECTOR 1 | 41      | 45     | 42   | 3    | 23                        | 23                         |
| SECTOR 2 | 30      | 32     | 31   | 3    | 78                        | 94                         |
| SECTOR 3 | 46      | 54     | 45   | 5    | 63                        | 144                        |
| SECTOR 4 | 51      | 51     | 58   | 7    | 179                       | 555                        |
| SECTOR 5 | 30      | 33     | 34   | 16   |                           |                            |

**TABLA 2.10.**

ZONA.- Sector hidráulico en el cuál se encuentra dividida la ciudad

MUESTRA.- Pruebas a realizar de acuerdo a la aplicación de método expuesto anteriormente para evaluación de pérdidas

I.P.F.- Inspección de probable fuga

V.M.- Verificación de medidores

R.T.- Revisión de toma

E.U. en D.P.- Encuesta de usuarios en Distritos Pitométricos

De la información obtenida de las encuestas se observa que los sectores que mayor probabilidad de fuga presentan son:

**INSPECCIONES DE PROBABLES FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS DE LA CD. DE CUERNAVACA, MORELOS.**

| SECTOR       | PROBABLE FUGA | MUESTRA    | TOMAS CON INSPECCION | % DE PROBABLE FUGA |
|--------------|---------------|------------|----------------------|--------------------|
| 1            | 7             | 41         | 40                   | 17.5               |
| 2            | 3             | 30         | 36                   | 8.33               |
| 3            | 8             | 46         | 52                   | 15.38              |
| 4            | 11            | 51         | 51                   | 21.57              |
| 5            | 6             | 30         | 28                   | 21.43              |
| <b>TOTAL</b> | <b>35</b>     | <b>198</b> | <b>207</b>           | <b>16.91</b>       |

**Tabla 2.11.**



En esta etapa del estudio se pretende llevar a cabo un balance de agua en una zona específica que comúnmente se llama Distrito Pitométrico, que al analizar dicho balance de agua se pueda inferir de qué magnitud es la falla que pudiera presentar el sistema y el origen de la misma. para ello se seleccionaron cuatro zonas que representen el comportamiento general del servicio de Agua Potable, tales como zona popular, zona media, zona alta y zona comercial, la cuáles se describen a continuación.

La selección de los Distritos Pitométricos fue conjuntamente con el organismo operador (SAPAC), debido a que para obtener los mejores resultados es necesario contar con el servicio de agua las 24 hrs. del día, excepto la zona comercial.

### **Zona Popular**

Como zona popular se selecciono la colonia Los Pilares localizada dentro del sector dos, su principal colindancia es con el panteón de la paz, y al poniente con el Río del Pollo; dentro de la colonia se localizan tanques de rebombeo conocidos con el nombre de Chipitlán, debido a esta situación la colonia los pilares cuenta con servicio de agua potable las 24 hrs. del día.

### **Zona Media**

Para la zona media se seleccionó la colonia Cuauhnáhuac, localizada en el norte del sector tres, solo se consideraron dos calles dado que son las que permiten el aislamiento, estas calles son: la Av. Cuernavaca entre Av. Central y la calle Miguel Hidalgo, y la calle Lagunas de Zempoala que nace y desemboca en la calle Miguel Hidalgo; en este Distrito Pitométrico se localizan 144 tomas de Agua Potable, y se cuenta con el servicio las 24 hrs. del día.

### **Zona Alta**

Para el Distrito en zona alta se eligió la colonia Jardines de Cuernavaca que se localiza al suroriente del sector cuatro y colinda al norte con la Av. Río Mayo, al oriente con la Autopista México - Acapulco, al sur con los condominios Chapultepec y al poniente con la colonia Lomas de los Volcanes en esta zona se localizan 555 tomas de Agua Potable, y se cuenta con el servicio las 24 hrs. del día.

### **Zona Comercial**

Para el estudio del Distrito Pitométrico en la zona Comercial se tomo el poniente de la Av. Emiliano Zapata en el tramo comprendido entre la Av. Manuel Avila Camacho y el Cjon. Tlaltenango, al sur del sector uno, localizando en este 23 tomas de Agua Potable y un suministro de Agua Potable de las 5:00 a las 10:00 A.M.



En cada uno de los Distritos Pitométricos se instalaran equipos de medición, en los que se registrarán las medidas requeridas para la evaluación de este estudio, así como los trabajos preliminares de obra civil y protección para la realización de estos trabajos.

Tabla resumen

| CLASIFICACION DEL DISTRITO PITOMETRICO | COLONIA                | SECTOR DE UBICACION | TOMAS QUE ABARCA |
|--|------------------------|---------------------|------------------|
| ZONA CLASE POPULAR                     | CHIPITLAN              | 2                   | 94               |
| ZONA CLASE MEDIA                       | CUAHUNAHUAC            | 3                   | 144              |
| ZONA CLASE ALTA                        | JARDINES DE CUERNAVACA | 4                   | 555              |
| ZONA COMERCIAL                         | EMILLANO ZAPATA        | 1                   | 23               |

**TABLA 2.12**

#### **2.2.2.2.1. Obtención de gastos perdidos por fugas**

Procesando la información de los 42 aforos realizados, se obtuvo el gasto medio de fugas en tomas domiciliarias con dos opciones, esto es eliminando de la base total, de acuerdo con las fugas con valores muy altos o muy bajos, con el fin de tener dos escenarios más conservadores de los resultados que se pueden obtener, el escenario denominado "A" tiene un valor medio de fuga de 0.0815 para 29 aforos validos y el escenario "B" tiene un valor medio de fuga de 0.0984 para 22 aforos validos, originalmente se planteo obtener un gasto medio por zona hidráulica, más sin embargo por la cantidad de aforos que se pueden realizar y el tipo de fuga que se presenta en campo se llevo a la conclusión de que para que fuera representativo se tenia que usar un gasto de fuga medio de Cuernavaca. El gasto promedio se puede observar en las tablas 2.13 en las opciones A y B, se presentan valores de presión muy elevados debido a que la topografía del terreno presenta grandes desniveles topográficos. En la tabla también se muestran los resultados del cálculo total del gasto por fugas en tomas domiciliarias por sector.



**GASTO DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS EN CUERNAVACA, MORELOS.(OPCION A)**

| SECTOR | ZONA SOCIO ECONOMICA | PRESION MEDIA (KG/CM2) | NUMERO DE TOMAS | TOMAS AFORADAS | % DE TOMAS CON FUGA | GASTO DE FUGA (L/SEG) opción A | GASTO TOTAL DE FUGA (L/SEG) |
|--------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1      | COMERCIAL            | 1.45                   | 14027           | 3              | 17.5                | 0.0815                         | 200.08                      |
| 2      | BAJO                 | 4                      | 10049           | 3              | 8.33                | 0.0815                         | 68.22                       |
| 3      | MEDIO                | 1.728                  | 16032           | 5              | 15.38               | 0.0815                         | 200.98                      |
| 4      | ALTO                 | 1.3225                 | 17693           | 7              | 21.57               | 0.0815                         | 311.01                      |
| 5      | MEDIO                | 3.51                   | 9922            | 16             | 21.43               | 0.0815                         | 173.27                      |

**TABLA 2.13.A.**

**GASTO DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS EN CUERNAVACA, MORELOS.(OPCION B)**

| SECTOR | ZONA SOCIO ECONOMICA | PRESION MEDIA (KG/CM2) | NUMERO DE TOMAS | TOMAS AFORADAS | % DE TOMAS CON FUGA | GASTO DE FUGA (L/SEG) opción B | GASTO TOTAL DE FUGA (L/SEG) |
|--------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1      | COMERCIAL            | 1.45                   | 14027           | 3              | 17.5                | 0.0984                         | 241.572                     |
| 2      | BAJO                 | 4                      | 10049           | 3              | 8.33                | 0.0984                         | 82.36                       |
| 3      | MEDIO                | 1.728                  | 16032           | 5              | 15.38               | 0.0984                         | 242.65                      |
| 4      | ALTO                 | 1.3225                 | 17693           | 7              | 21.57               | 0.0984                         | 375.49                      |
| 5      | MEDIO                | 3.51                   | 9922            | 16             | 21.43               | 0.0984                         | 209.20                      |

**TABLA 2.13.b.**

**2.2.2.2.2 Revisión del tamaño de la muestra**

El reajuste del tamaño de la muestra para inspección de tomas se efectuó durante el desarrollo y al terminar los trabajos de campo, utilizando la ecuación 2.1. Con los datos del porcentaje de tomas con fugas y el número de tomas por zona hidráulica, en la tabla 2.13, se obtiene el tamaño de la muestra reajustado, que resulta muy por debajo al de las tomas inspeccionadas (198); el calculo de la zona se muestra en la tabla 2.9..

**2.2.2.2.3. Aforo de las fugas**

La revisión del tamaño de la muestra de aforo de fugas, se realizo conforme se obtuvieron los gastos de fugas en tomas domiciliarias, se procedió a evaluar el tamaño de la muestra para aforo de fugas. En las primeras versiones del tamaño de la muestra para aforo de fugas, es decir, las llevadas a cabo durante el desarrollo de los trabajos de campo, resultaban inicialmente tamaños de muestras elevados, sin embargo, a medida que avanzaba el trabajo e



incrementaba el volumen de información, este disminuyo hacia el valor finalmente obtenido al efectuado en campo.

**REVISION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE AFOROS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE LA CD. DE CUERNAVACA MORELOS.(opción A)**

| N  | $q_i$       | $(q_i - \bar{q})$ | $(q_i - \bar{q})^2$      | p<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $Q_i$<br>(L/seg.) |
|----|-------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|
| 1  | 0.035400    | -0.046145         | 0.002129                 | 2.00                       | 0.035400          |
| 2  | 0.002800    | -0.078745         | 0.006201                 | 0.00                       | 0.002800          |
| 3  | 0.002300    | -0.079245         | 0.006280                 | 0.90                       | 0.002300          |
| 4  | 0.265200    | 0.183655          | 0.033729                 | 4.00                       | 0.265200          |
| 5  | 0.010500    | -0.071045         | 0.005047                 | 0.90                       | 0.010500          |
| 6  | 0.017700    | -0.063845         | 0.004076                 | 1.85                       | 0.017700          |
| 7  | 0.001900    | -0.079645         | 0.006343                 | 1.00                       | 0.001900          |
| 8  | 0.029500    | -0.052045         | 0.002709                 | 2.25                       | 0.029500          |
| 9  | 0.011300    | -0.070245         | 0.004934                 | 1.10                       | 0.011300          |
| 10 | 0.003000    | -0.078545         | 0.006169                 | 1.20                       | 0.003000          |
| 11 | 0.002600    | -0.078945         | 0.006232                 | 1.35                       | 0.002600          |
| 12 | 0.002200    | -0.079345         | 0.006296                 | 0.91                       | 0.002200          |
| 13 | 0.001300    | -0.080245         | 0.006439                 | 0.60                       | 0.001300          |
| 14 | 0.011800    | -0.069745         | 0.004864                 | 1.91                       | 0.011800          |
| 15 | 0.008200    | -0.073345         | 0.005379                 | 1.28                       | 0.008200          |
| 16 | 0.046300    | -0.035245         | 0.001242                 | 1.30                       | 0.046300          |
| 17 | 0.498800    | 0.417255          | 0.174102                 | 3.70                       | 0.498800          |
| 18 | 0.029000    | -0.052545         | 0.002761                 | 4.60                       | 0.029000          |
| 19 | 0.030300    | -0.051245         | 0.002626                 | 1.00                       | 0.030300          |
| 20 | 0.116400    | 0.034855          | 0.001215                 | 3.60                       | 0.116400          |
| 21 | 0.134600    | 0.053055          | 0.002815                 | 2.40                       | 0.134600          |
| 22 | 0.152800    | 0.071255          | 0.005077                 | 2.40                       | 0.152800          |
| 23 | 0.031900    | -0.049645         | 0.002465                 | 4.50                       | 0.031900          |
| 24 | 0.089900    | 0.008355          | 0.000070                 | 7.50                       | 0.089900          |
| 25 | 0.082200    | 0.000655          | 0.000000                 | 2.50                       | 0.082200          |
| 26 | 0.067600    | -0.013945         | 0.000194                 | 1.60                       | 0.067600          |
| 27 | 0.276300    | 0.194755          | 0.037930                 | 4.90                       | 0.276300          |
| 28 | 0.204400    | 0.122855          | 0.015093                 | 7.20                       | 0.204400          |
| 29 | 0.198600    | 0.117055          | 0.013702                 | 2.90                       | 0.198600          |
|    | $\bar{q}_m$ | 0.081545          | SUM( $q_i - \bar{q}_m$ ) | 0.366121                   |                   |
|    |             |                   | $S_q^2 =$                | 0.013075764                |                   |
|    |             |                   | d=                       | 5%                         |                   |
|    |             |                   | $n_0 =$                  | 20.921                     |                   |

Tabla 2.14. a





**REVISION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE AFOROS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE LA CD. DE CUERNAVACA MORELOS. (opción B)**

| N              | q <sub>i</sub> | (q <sub>i</sub> -q)                  | (q <sub>i</sub> -q) <sup>2</sup> | p<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | q <sub>i</sub><br>(l/seg.) |
|----------------|----------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1              | 0.035400       | -0.063023                            | 0.003972                         | 2.00                       | 0.035400                   |
| 2              | 0.265200       | 0.166777                             | 0.027815                         | 0.00                       | 0.265200                   |
| 3              | 0.010500       | -0.087923                            | 0.007730                         | 0.90                       | 0.010500                   |
| 4              | 0.017700       | -0.080723                            | 0.006516                         | 4.00                       | 0.017700                   |
| 5              | 0.029500       | -0.068923                            | 0.004750                         | 0.90                       | 0.029500                   |
| 6              | 0.011300       | -0.087123                            | 0.007590                         | 1.85                       | 0.011300                   |
| 7              | 0.011800       | -0.086623                            | 0.007503                         | 1.00                       | 0.011800                   |
| 8              | 0.046300       | -0.052123                            | 0.002717                         | 2.25                       | 0.046300                   |
| 9              | 0.029000       | -0.069423                            | 0.004820                         | 1.10                       | 0.029000                   |
| 10             | 0.303000       | 0.204577                             | 0.041852                         | 1.20                       | 0.303000                   |
| 11             | 0.116400       | 0.017977                             | 0.000323                         | 1.35                       | 0.116400                   |
| 12             | 0.134600       | 0.036177                             | 0.001309                         | 0.91                       | 0.134600                   |
| 13             | 0.152800       | 0.054377                             | 0.002957                         | 0.60                       | 0.152800                   |
| 14             | 0.031900       | -0.066523                            | 0.004425                         | 1.91                       | 0.031900                   |
| 15             | 0.089900       | -0.008523                            | 0.000073                         | 1.28                       | 0.089900                   |
| 16             | 0.082200       | -0.016223                            | 0.000263                         | 1.30                       | 0.082200                   |
| 17             | 0.067600       | -0.030823                            | 0.000950                         | 3.70                       | 0.067600                   |
| 18             | 0.276300       | 0.177877                             | 0.031640                         | 4.60                       | 0.276300                   |
| 19             | 0.204400       | 0.105977                             | 0.011231                         | 1.00                       | 0.204400                   |
| 20             | 0.026200       | -0.072223                            | 0.005216                         | 3.60                       | 0.026200                   |
| 21             | 0.024700       | -0.073723                            | 0.005435                         | 2.40                       | 0.024700                   |
| 22             | 0.198600       | 0.100177                             | 0.010035                         | 2.40                       | 0.198600                   |
| q <sub>m</sub> | 0.098423       | SUM(q <sub>i</sub> -q <sub>m</sub> ) | 0.189124                         |                            |                            |

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| S <sub>q</sub> <sup>2</sup> = | 0.009006 |
| d=                            | 5%       |
| n <sub>0</sub> =              | 14.409   |

**Tabla 2.9. b**

**2.2.2.2.4 Evaluación de pérdidas totales por fugas**

Para conocer el valor total de las pérdidas, es necesario extrapolar los resultados obtenidos en el análisis de los Distritos Pitométricos al total de las zonas catastrales de la ciudad de Cuernavaca, Morelos.

La metodología que se aborda en este caso es la siguiente:



Se tiene en los Distritos el registro entregado (CT), medidos en las estaciones Pitométricas, así como el volumen consumido por los usuarios (VC), definido con base en el estudio de consumos realizados. De esta manera, la diferencia entre estos dos rubros indica la magnitud del volumen total de pérdidas que tiene lugar en las tomas domiciliarias (Vfd) y en la red (Vfr). Para una mayor comprensión la siguiente ecuación siguiente se expresa en términos de gastos:

$$Q_{tf} = Q_T - Q_C$$

Donde:

$Q_T$  = gasto proporcionado al Distrito, en l.p.s.

$Q_C$  = gasto consumido por los usuarios, en l.p.s.

$Q_{tf}$  = gasto total de fuga, en l.p.s.

Se conoce el porcentaje de tomas domiciliarias que presentan fuga, al igual que los gastos promedio de fuga por toma y sus totales por zona, con lo cual se puede conocer el índice de pérdida total por toma (I), según indica la siguiente expresión:

$$I = Q_{tf} / N^{\circ} \text{ de tomas con fuga}$$

Donde:

I = índice de pérdidas totales (l/s/toma)

El número de tomas con fuga se obtiene mediante el producto de tomas existentes y el porcentaje de probable fuga de las mismas. El índice I se considera que tiene dos componentes, el gasto medio de pérdida por toma por toma ( $Q_{mf}$ ) y el correspondiente de la red ( $Q_{fr}$ ), por lo que queda expresado de la siguiente manera:

$$Q_{fr} = I - Q_{mf}$$

Conocido  $Q_{fr}$ , es posible estimar la porción (P) que guardan los gastos de fuga unitario en las tomas y en la red, según la siguiente expresión:

$$P = (Q_{fr}/Q_{mf}) * 100$$



Con el procedimiento descrito, es posible obtener las proporciones que guardan los dos componentes del gasto de fuga en cada Distrito, tanto el gasto de fuga en red como el gasto de fuga en tomas domiciliarias.

En la tabla 2.10.a y 2.10.b se resume la aplicación del procedimiento descrito sobre los Distritos Pitométricos en el área metropolitana de Cuernavaca. Cabe mencionar que la caracterización en el párrafo anterior puede ser realizada considerando la edad de las redes de tubería.

**CALCULO DE LA RELACION PORCENTUAL EXISTENTE ENTRE LOS GASTOS DE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS Y EN RED EN LOS DISTRITOS PITOMETRICOS DE CUERNAVACA, MORELOS.**

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO TOTAL (CT) (LTS) | VOL. CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA TI % | GASTO MEDIO Gmf (L/S) | NUMERO TOMAS | TOMAS CON FUGA | f (L/S/TOMA) | GFR (L/S/TOMA) | (Gfr/Gmf)*100 (%) |
|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 2,916,433                | 1,121,100             | 1,795,333.46             | 22%         | 0.0815                | 555.00       | 120            | 0.174        | 0.092          | 112.86            |
| ZONA MEDIA COL. CUALIHUALIAC          | 868,995                  | 228,240.00            | 740,755.46               | 15%         | 0.0815                | 144.00       | 22             | 0.387        | 0.308          | 374.73            |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 170,417                  | 87,380.00             | 83,037.46                | 8%          | 0.0815                | 94.00        | 8              | 0.123        | 0.041          | 50.56             |
| ZONA COMERCIAL EMIJIANO ZAPATA        | 32,804                   | 13,808.28<br>4,420.00 | 8,294.72                 | 18%         | 0.0815                | 23.00        | 4              | 0.133        | 0.051          | 82.63             |

Tabla 2.15.a.

**CALCULO DE LA RELACION PORCENTUAL EXISTENTE ENTRE LOS GASTOS DE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS Y EN RED EN LOS DISTRITOS PITOMETRICOS DE CUERNAVACA, MORELOS.**

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO TOTAL (CT) (LTS) | VOL. CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA TI % | GAST MEDIO Gmf (L/S) | NUMERO TOMAS | TOMAS CON FUGA | f (L/S/TOMA) | GFR (L/S/TOMA) | (Gfr/Gmf)*100 (%) |
|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|----------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 2,916,433                | 1,121,100             | 1,795,333.46             | 22%         | 0.0884               | 555.00       | 120            | 0.174        | 0.075          | 78.36             |
| ZONA MEDIA COL. CUALIHUALIAC          | 868,995                  | 228,240.00            | 740,755.46               | 15%         | 0.0884               | 144.00       | 22             | 0.387        | 0.289          | 283.32            |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 170,417                  | 87,380.00             | 83,037.46                | 8%          | 0.0884               | 94.00        | 8              | 0.123        | 0.024          | 24.74             |
| ZONA COMERCIAL EMIJIANO ZAPATA        | 32,804                   | 13,808.28<br>4,420.00 | 8,294.72                 | 18%         | 0.0884               | 23.00        | 4              | 0.133        | 0.034          | 34.74             |

Tabla 2.15.b.



Una vez obtenido los resultados de porcentajes promedios reales de fuga, y ver tanto los pérdidas en la red (25.5%) como en tomas domiciliarias (29%), y que al sumarlos dan un total del 54%, podemos citar que la cantidad de agua que se pierde por diversas causas, es mayor a la demanda, es decir, que hay una gran cantidad de agua que no esta siendo aprovechada y por ende siendo en su totalidad desperdiciada.

Un dato de la tabla anterior, que al analizarlo preocupa, es el de la relación que surge entre el gasto de fugas de red y el gasto medio de fuga total en el Sector Medio, ya que este alcanza casi los 300%; pudiendo describir que el gasto de fuga de red es muy grande en comparación con el gasto medio de fuga total, y además hacer mención que teóricamente no existe gasto de pérdida en tomas domiciliarias.

También podemos analizar que en el Distrito Popular y en el Distrito Comercial el gasto de pérdida en tomas domiciliarias es considerablemente mayor que el de pérdidas en la red.

Cabe hacer mención que el volumen de fuga total en el Distrito Medio es mucho mayor al volumen consumido, representando casi un 75% de pérdidas tan solo para este sector. En lo que respecta a los otros Distritos, es relativamente equitativo, tanto lo que se consume como lo que se pierde.

## **ANALISIS GLOBAL DE PÉRDIDAS**

Para llevar a cabo el balance general de resultados con respecto al gasto total entregado por las fuentes de abastecimiento, se utilizan en este caso los resultados correspondientes a las fugas en tomas domiciliarias y redes de tubería, además de los gastos de consumo medidos para los diferentes tipos de usuarios y los gastos de consumos no medidos para los diferentes tipos de usuarios los cuales se calculan a continuación, quedando resumido de la siguiente manera:

$$Q_{sum} = Q_{ftr} + Q_{tsm} + Q_{ft} + Q_{fr} + Q_{tomcl}$$

Donde:

$Q_{sum}$  = gasto suministrado a la Cd. de Cuernavaca.

$Q_{ftr}$  = gasto consumido facturado de tomas con medidor

$Q_{tsm}$  = gasto consumido calculado de tomas sin medidor

$Q_{ft}$  = gasto total de fugas en tomas domiciliarias

$Q_{fr}$  = gasto total de fuga de red

$Q_{tomcl}$  = gasto por tomas clandestinas

Los gastos consumidos facturados podemos analizarlos en la tabla 2.16. para el año anterior, arrojando los siguientes resultados



GASTOS CONSUMIDOS FACTURADOS

| DOMESTICO                   | sector \$            | Dotación DP's | número de tomas | lps medidos   | lps no medidos |
|-----------------------------|----------------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|
| Tomas medidas zona alta     | socioeconómica alta  | 404 l/hab/día | 5771            | 107.94        |                |
| tomas medidas zona media    | socioeconómica media | 317 l/hab/día | 35109           | 515.25        |                |
| Tomas medidas zona baja     | socioeconómica baja  | 224 l/hab/día | 7214            | 74.81         |                |
| tomas no medidas zona alta  | socioeconómica alta  | 404 l/hab/día | 1495            |               | 27.96          |
| tomas no medidas zona media | socioeconómica media | 317 l/hab/día | 9094            |               | 133.46         |
| tomas no medidas zona baja  | socioeconómica baja  | 224 l/hab/día | 1869            |               | 19.38          |
|                             |                      |               |                 | Suma = 698.01 | Suma = 180.79  |

| COMERCIAL                    | sector \$ | dotación DP's      | Número de tomas | Lps medidos | lps no medidos |
|------------------------------|-----------|--------------------|-----------------|-------------|----------------|
| tomas medidas comerciales    | comercial | 1264.48 l/toma/día | 4486            | 65.65       |                |
| tomas no medidas comerciales | comercial | 1264.48 l/toma/día | 1358            |             | 19.87          |

| INDUSTRIAL          | 1995 | 1996 | 1997 | Lps medidos | lps no medidos | Promedio de tres años |
|---------------------|------|------|------|-------------|----------------|-----------------------|
| TOMAS PROMEDIO      | 255  | 262  | 265  |             |                | DOTACION              |
| TOMAS CON MEDIDOR   | 191  | 179  | 262  | 26.99       |                | PROMEDIO              |
| TOMAS SIN MEDIDOR   |      |      | 3    |             | 0.31           |                       |
| GASTO MEDIDO        | 373  | 426  | 851  |             |                | 6923                  |
| DOTACION (l/toma/d) | 5350 | 6520 | 8899 |             |                | L/TOMA/D              |

| GOBIERNO            | 1995  | 1996  | 1997  | Lps medidos | lps no medidos | Promedio de tres años |
|---------------------|-------|-------|-------|-------------|----------------|-----------------------|
| TOMAS PROMEDIO      | 351   | 365   | 367   |             |                | DOTACION              |
| TOMAS CON MEDIDOR   | 206   | 186   | 263   | 101.95      |                | PROMEDIO              |
| TOMAS SIN MEDIDOR   |       |       | 104   |             | 40.31          |                       |
| GASTO MEDIDO        | 1297  | 984   | 3215  |             |                | 21745                 |
| DOTACION (l/toma/d) | 17250 | 14494 | 33491 |             |                | L/TOMA/D              |
|                     |       |       |       | 892.59      | 241.28         |                       |

TABLA 2.16.

El total de tomas en la ciudad de Cuernavaca es de 67,027 de las cuales 13,922 no cuentan con servicio medido, para obtener el consumo de las tomas se utilizaron las dotaciones correspondientes a los Distritos Pitométricos.

Para el cálculo de las pérdidas en red y las perdidas en tomas domiciliarias se toma en cuenta las dos opciones de gasto de fuga de 0.081545 y la opción B con un gasto de fuga de 0.0984 calculándose los litros por segundo que se pierden en tomas y en red. La siguiente tabla indica para cada uno los resultados obtenidos, no sin antes recordar la existencia de tandeos.



RESUMEN TOTAL DE LOS GASTOS

|                         | Opción B | Opción A |
|-------------------------|----------|----------|
| SUMINISTRADO            | 2,472.00 | 2,472.00 |
| GASTO TOTAL FACTURADO   | 892.59   | 892.59   |
| GASTO CALCULADO         | 241.28   | 241.28   |
| OPCIÓN B QFR= 0.0984    |          |          |
| Q PERDIDAS EN RED       | 386.10   |          |
| OPCION A QFR= 0.081545  |          |          |
| Q PERDIDAS EN RED       |          | 458.02   |
| OPCION A QFR= 0.081545  |          |          |
| Q P TOMAS DOMICILIARIAS |          | 566.10   |
| OPCION B QFR= 0.0984    |          |          |
| Q P TOMAS DOMICILIARIAS | 683.12   |          |

Con los resultados anteriores y sustituyendo en la ecuación de balance se obtienen los litros por segundo perdidos por tomas clandestinas

|                       |          |          |         |
|-----------------------|----------|----------|---------|
| CLANDESTINAS OPCION A |          | 314.00   |         |
| CLANDESTINAS OPCION B | 268.91   |          |         |
| AGUA NO CONTABILIZADA | 1,338.12 | 1,338.12 | 54.13%  |
| CONSUMOS FACTURADOS   | 1,133.88 | 1,133.88 | 45.87%  |
| TOTAL SUMINISTRADO    | 2,472.00 | 2,472.00 | 100.00% |

Por lo que los porcentajes de pérdidas y consumos de todas las componentes resultan como sigue para las dos opciones:

PORCENTAJES DE PERDIDAS TOTALES EN LA RED

|                                       | OPCION A | %     | OPCION B | %     |
|---------------------------------------|----------|-------|----------|-------|
| GASTO SUMINISTRADO                    | 2472     | 100   | 2472     | 100   |
| GASTO MEDIDO DOMESTICO ALTO           | 107.94   | 4.37  | 107.94   | 4.37  |
| GASTO MEDIDO DOMESTICO MEDIO          | 515.25   | 20.84 | 515.25   | 20.84 |
| GASTO MEDIDO DOMESTICO BAJO           | 74.81    | 3.03  | 74.81    | 3.03  |
| GASTO NO MEDIDO DOMESTICO ALTO        | 27.96    | 1.13  | 27.96    | 1.13  |
| GASTO NO MEDIDO DOMESTICO MEDIO       | 133.46   | 5.40  | 133.46   | 5.40  |
| GASTO NO MEDIDO DOMESTICO BAJO        | 19.38    | 0.78  | 19.38    | 0.78  |
| GASTO MEDIDO COMERCIAL                | 65.65    | 2.66  | 65.65    | 2.66  |
| GASTO NO MEDIDO COMERCIAL             | 19.87    | 0.80  | 19.87    | 0.80  |
| GASTO MEDIDO INDUSTRIAL               | 26.99    | 1.09  | 26.99    | 1.09  |
| GASTO NO MEDIDO INDUSTRIAL            | 0.31     | 0.01  | 0.31     | 0.01  |
| GASTO MEDIDO GUBERNAMENTAL            | 101.95   | 4.12  | 101.95   | 4.12  |
| GASTO NO MEDIDO GUBERNAMENTAL         | 40.31    | 1.63  | 40.31    | 1.63  |
| GASTO DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS | 566.10   | 22.90 | 683.12   | 27.63 |
| GASTO DE FUGAS EN RED                 | 458.02   | 18.53 | 386.10   | 15.62 |
| GASTO DE TOMAS CLANDESTINAS           | 314.00   | 12.70 | 268.91   | 10.88 |

TABLA 2.18.



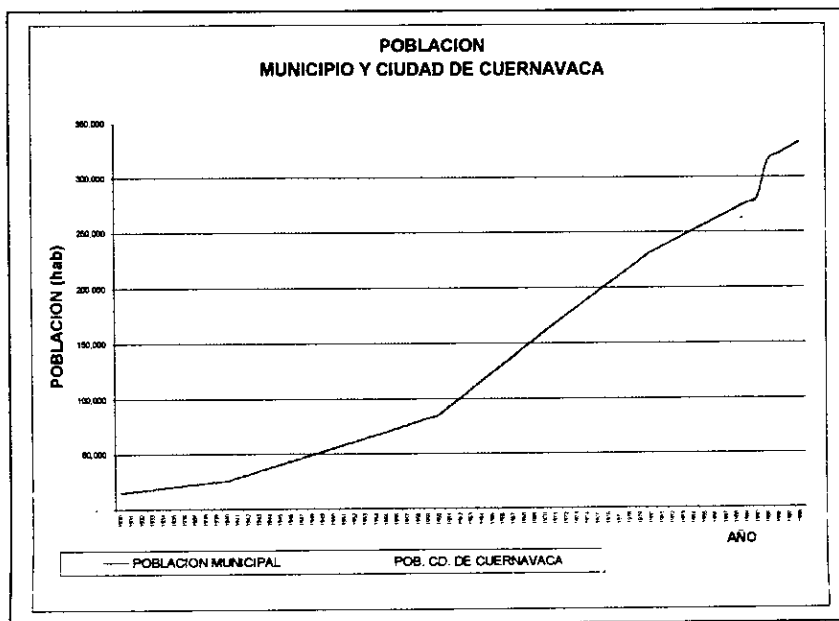
## 2.3 ENTORNO ESPECÍFICO

### 2.3.1 Análisis de la Demanda

#### 2.3.1.1. Determinación de la Población Actual

Para el presente estudio se ha tomado como base las proyecciones de población para el municipio de Cuernavaca que ha editado la Comisión Nacional de Población (CONAPO), de la donde se obtuvo la población actual, dicha tabla y gráfica se presentan a continuación.

| Año  | Población Municipal | Población Cuernavaca |
|------|---------------------|----------------------|
| 1930 | 15,102              | 14,917               |
| 1940 | 25,666              | 25,352               |
| 1950 | 54,925              | 54,253               |
| 1960 | 85,620              | 84,572               |
| 1970 | 160,804             | 158,835              |
| 1980 | 232,355             | 229,510              |
| 1990 | 281,294             | 277,850              |
| 1995 | 314,951             | 311,095              |
| 1996 | 320,801             | 316,873              |
| 1997 | 326,494             | 322,497              |
| 1998 | 332,023             | 327,958              |





**2.3.1.2 Determinación de los Consumos de Agua por tipo de Usuario**

Los consumos de agua por tipo de usuario reales fueron proporcionados por el SAPAC, así como estudiados a fin de obtener los siguientes resultados de los años 1995, 1996 y 1997:

**Consumo Doméstico**

De acuerdo con los datos estadísticos de los últimos tres años, proporcionados por el organismo operador, se tiene un consumo promedio de 307 litros/habitante/día, los datos se presentan en la tabla siguiente.

| <b>DOMESTICO</b>             | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1997</b> |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| TOMAS PROMEDIO               | 57,536      | 59,195      | 60,551      |
| TOMAS CON MEDIDOR            | 42,370      | 42,822      | 48,094      |
| GASTO MEDIDO Mm <sup>3</sup> | 23,994      | 25,682      | 24,699      |
| DOTACION (l/h/d)             | 310         | 329         | 281         |

**Consumo comercial**

Se tiene registrado para la ciudad de Cuernavaca un consumo comercial medio de 2,524 litros/toma/día, según la tabla siguiente

| <b>COMERCIAL</b>    | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1997</b> |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| TOMAS PROMEDIO      | 5,688       | 5,882       | 5,844       |
| TOMAS CON MEDIDOR   | 4,190       | 3,909       | 4,486       |
| GASTO MEDIDO        | 3,695       | 3,783       | 4,101       |
| DOTACION (l/toma/d) | 2,416       | 2,651       | 2,505       |

**Consumo Industrial**

Aunque La ciudad de Cuernavaca casi no tiene industrias ya que la cercanía de CIVAC la libera de la industria pesada se tienen algunas industrias las cuales presentan un consumo promedio de 6,923 litros/toma/día como se puede ver en la tabla que sigue.

| <b>INDUSTRIAL</b>   | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1997</b> |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| TOMAS PROMEDIO      | 255         | 262         | 265         |
| TOMAS CON MEDIDOR   | 191         | 179         | 262         |
| GASTO MEDIDO        | 373         | 426         | 851         |
| DOTACION (l/toma/d) | 5,350       | 6,520       | 8,899       |





**Consumo Gobierno**

En este tipo de consumo se tienen instituciones, como escuelas oficinas de gobierno entre otros consumidores los cuales presentan un consumo promedio de 21,745 litros/toma/día como se puede observar en la tabla que sigue.

| GOBIERNO            | 1995   | 1996   | 1997   |
|---------------------|--------|--------|--------|
| TOMAS PROMEDIO      | 351    | 365    | 367    |
| TOMAS CON MEDIDOR   | 206    | 186    | 263    |
| GASTO MEDIDO        | 1,297  | 984    | 3,215  |
| DOTACION (l/toma/d) | 17,250 | 14,494 | 33,491 |

**2.3.1.3 Demanda Actual de Agua Potable**

Tomando como base los datos calculados en incisos anteriores como la población para 1998 de 327,958 habitantes y los consumos resultados de los Distritos Pitométricos los cuales fueron de 404 l/h/d para los usuarios domésticos de la clase alta, 317 l/h/d para los usuarios domésticos de la clase media, 224 l/h/d para los usuarios domésticos de la clase baja, para los usuarios comerciales la dotación del Distrito comercial fue de 1,264 litros/toma/día, como es menor al promedio obtenido se tomará el promedio de consumo de los últimos tres años de 2,254 litros/toma/día, y de los consumos de los últimos tres años para los industriales y los gubernamentales los cuales resultan de; 6,923 litros/toma/día para tomas industriales y 21,745 litros/toma/día para tomas gubernamentales

Demanda Doméstica clase alta = Población clase alta x consumo *per-capita* /86400  
 $39355 \times 404 / 86,400 = 184.02 \text{ lps}$

Demanda Doméstica clase media = Población clase media x consumo *per-capita* /86400  
 $239,409 \times 317 / 86,400 = 878.39 \text{ lps}$

Demanda Doméstica clase baja = Población clase baja x consumo *per-capita* /86400  
 $49,194 \times 224 / 86,400 = 127.54 \text{ lps}$

Demanda Comercial = Numero de comercios x consumo por toma /86400  
 $5852 \times 2,524 / 86,400 = 170.98 \text{ lps}$

Demanda Industrial = Numero de industrias x consumo por toma /86,400  
 $266 \times 6,923 / 86,400 = 21.31 \text{ lps}$

Demanda gubernamental = Numero de tomas gubernamentales x consumo por toma / 86,400  
 $366 \times 21,745 / 86,400 = 92.11 \text{ lps}$

Por lo que la demanda neta total resulta de **1474.36 litros por segundo**, con cobertura total y sin pérdidas físicas

Si tomamos las pérdidas físicas totales del estudio de **pérdidas de 54%**, la demanda total será de **2,723.69 litros por segundo**



### 2.3.2 Recursos Hidráulicos Existentes

La SAPAC, dispone en la actualidad de 74 fuentes de captación, de las cuales 70 son pozos profundos y 4 captaciones de manantial; de los 70 pozos existentes, únicamente operan 58, los cuáles aportan un gasto de 1,753.06 lps y trabajan en promedio de 18 a 24 horas diarias ya que sólo se detienen por alguna falla eléctrica o cuando es necesario darles mantenimiento correctivo, a excepción de algunos pozos que abastecen a las zonas residenciales, los cuáles en épocas de lluvias trabajan únicamente 12 horas. y de las 4 captaciones de manantial se extrae un caudal de 525.4 lps. Estas fuentes en conjunto aportaron un gasto de 2,279 lps para el periodo de estiaje.

Es importante resaltar que la capacidad de los recursos no es un dato totalmente confiable dado que faltan estudios geohidrológicos de detalle del acuífero de la zona que se pudo observar en la lamina de condiciones Geohidrológicas de la sección de anexos la ciudad esta localizada en una zona de aparente equilibrio donde los mantos acuíferos solo permiten la extracción limitada para usos prioritarios, la lamina de delimitación y caracterización de zonas Geohidrológicas nos muestra que el código del acuífero de Cuernavaca es el 17-1881301, del mismo anexo la lamina de zonas de disponibilidad nos ubica que la ciudad de Cuernavaca esta clasificada en la zona uno, la cual tiene una definición de escasa disponibilidad lo cual quiere decir que la extracción de agua es mayor que el volumen disponible renovable, por lo que los problemas de sobre explotación y contaminación son actuales e incipientes. Cualquier nuevo usuario del agua o demanda adicional afecta la distribución y asignación actual del recurso entre los usuarios establecidos

El estado actual de los pozos, es en general aceptable tanto en lo físico como en lo operativo, el gasto que se obtiene de ellos, representa el mayor porcentaje del gasto recibido para la población, se cuenta con pozos que operan únicamente por horas en época de estiaje ó durante periodos vacacionales como apoyo para satisfacer la demanda.

Los manantiales tienen un caudal potencial de 2,604 lps, el manantial Chapultepec II es el de mayor caudal potencial con 2,147 lps, de los cuáles se extraen únicamente 152.1 lps para el abastecimiento de Cuernavaca y los restantes 2,000 lps son aprovechados para riego en el municipio de Jiutepec mediante una concesión otorgada por el Gobierno Federal en 1939, siguiendo en importancia el manantial El Túnel cuyo caudal potencial es de 400 lps y únicamente se extrae un caudal de 298 lps (126 lps en el cárcamo Túnel y 172 lps en el cárcamo Túnel Pradera); el manantial La India con un caudal de 16.2 lps y el manantial Santa María Túnel se encuentra fuera de operación.

En la siguiente tabla se listan los pozos con que se apoya al suministro de agua en la ciudad de Cuernavaca, Mor., se realizó la Pitometría de las fuentes más importantes en época de estiaje para 1998:



**FUENTES DE ABASTECIMIENTO DE LA CD. DE CUERNAVACA,  
MOR.**

| Número | Zona<br>Hidráulica | Nombre de la Fuente<br>Pozo o Rebombeo | Gasto<br>Lps | horas de<br>Operación | Gasto Tot.<br>al día m <sup>3</sup> |
|--------|--------------------|--|--------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 1      | 1                  | 24ª Zona Militar / Cuarteles           | 92.2         | 24                    | 7,966.08                            |
| 2      | 1                  | Bugambijas                             | 64.6         | 24                    | 5,581.44                            |
| 3      | 1                  | Chamilpa II                            | 61.6         | 24                    | 5,322.24                            |
| 4      | 1                  | Chamilpa III Universidad               | 50.4         | 24                    | 4,354.56                            |
| 5      | 1                  | Chamilpa Universidad I                 | 47.6         | 18                    | 3,084.48                            |
| 6      | 1                  | Lienzo del Charro                      | 14.6         | 18                    | 946.08                              |
| 7      | 1                  | Ocoatepec I G. al M.                   | 13.3         | 18                    | 861.84                              |
| 8      | 1                  | Ocoatepec I Noria                      | 18.0         | 18                    | 1,166.40                            |
| 9      | 1                  | Ocoatepec II                           | 13.1         | 24                    | 1,131.84                            |
| 10     | 1                  | Rancho Cortés II Barranca              | 12.6         | 24                    | 1,088.64                            |
| 11     | 1                  | Rancho Cortés III Mirador              | 26.7         | 18                    | 1,730.16                            |
| 12     | 1                  | Rinconada del Artista                  | 12.4         | 3                     | 133.92                              |
| 13     | 1                  | Tres Cruces                            | 5.3          | 24                    | 457.92                              |
| 14     | 2                  | Chipitlán I                            | 16.0         | 24                    | 1,382.40                            |
| 15     | 2                  | Chipitlán II Guayabos                  | 29.6         | 24                    | 2,557.44                            |
| 16     | 2                  | Chipitlán III                          | 15.1         | 24                    | 1,304.64                            |
| 17     | 2                  | Club de Golf                           | 3.8          | 24                    | 328.32                              |
| 18     | 2                  | Inst de Inv. Eléctricas                | 25.6         | 24                    | 2,211.84                            |
| 19     | 2                  | Lagunilla I                            | 21.8         | 24                    | 1,883.52                            |
| 20     | 2                  | Lagunilla II                           | 16.9         | 24                    | 1,460.16                            |
| 21     | 2                  | Lázaro Cárdenas del Río                | 16.5         | 13                    | 772.20                              |
| 22     | 2                  | Melchor Ocampo                         | 25.8         | 24                    | 2,229.12                            |
| 23     | 2                  | Palmira                                | 12.3         | 24                    | 1,062.72                            |
| 24     | 3                  | Amatitlán                              | 25           | 24                    | 2,160.00                            |
| 25     | 3                  | Chapultepec I Eq. 1                    | 103.72       | 24                    | 8,961.41                            |
| 26     | 3                  | Chapultepec I Eq. 2                    | 120.46       | 24                    | 10,407.74                           |
| 27     | 3                  | Chapultepec I Eq. 4                    | 54.5         | 24                    | 4,708.80                            |
| 28     | 3                  | CM. Plaza Jacarandas                   | 10.8         | 24                    | 933.12                              |
| 29     | 3                  | Emiliano Zapata                        | 12           | 24                    | 1,036.80                            |
| 30     | 3                  | Flores Magón / Zodiaco                 | 7            | 24                    | 604.80                              |
| 31     | 3                  | J. Acatzingo                           | 15           | 24                    | 1,296.00                            |
| 32     | 3                  | Lomas del Bosque                       | 15           | 24                    | 1,296.00                            |
| 33     | 3                  | Rastro                                 | 16           | 24                    | 1,382.40                            |
| 34     | 3                  | Revolución I                           | 45           | 24                    | 3,888.00                            |
| 35     | 3                  | Revolución II                          | 16           | 24                    | 1,382.40                            |
| 36     | 3                  | Unidad Morelos III                     | 13.3         | 24                    | 1,149.12                            |
| 37     | 4                  | Ahuehuetitlán                          | 17.1         | 6                     | 369.36                              |
| 38     | 4                  | Ámate                                  | 13.4         | 24                    | 1,157.76                            |
| 39     | 4                  | Antonio Barona I                       | 16.9         | 24                    | 1,460.16                            |
| 40     | 4                  | Antonio Barona II                      | 58.0         | 24                    | 5,011.20                            |
| 41     | 4                  | Barona III                             | 40.5         | 3                     | 437.40                              |
| 42     | 4                  | Chapultepec I Eq. 3                    | 76.88        | 24                    | 6,642.43                            |
| 43     | 4                  | Chapultepec I Eq. 5                    | 38.3         | 24                    | 3,309.12                            |
| 44     | 4                  | Delicias 2 Barranca                    | 49.2         | 15                    | 2,656.80                            |
| 45     | 4                  | El Mogote                              | 23.2         | 24                    | 2,004.48                            |
| 46     | 4                  | J. V. Ferreiro                         | 16.8         | 24                    | 1,451.52                            |
| 47     | 4                  | Jardines de Cuernavaca                 | 35.2         | 15                    | 1,900.80                            |
| 48     | 4                  | Loma Bonita                            | 11.9         | 24                    | 1,028.16                            |
| 49     | 4                  | Mascareño                              | 14.5         | 24                    | 1,252.80                            |
| 50     | 4                  | Pedro de Alvarado                      | 10.0         | 24                    | 864.00                              |
| 51     | 4                  | Reforma                                | 19.8         | 24                    | 1,710.72                            |
| 52     | 4                  | Teopanzolco                            | 19.8         | 24                    | 1,710.72                            |
| 53     | 5                  | Altavista                              | 22.9         | 24                    | 1,978.56                            |
| 54     | 5                  | La Cañada                              | 30.0         | 24                    | 2,592.00                            |
| 55     | 5                  | Lomas de Atzingo I Tq.                 | 5.0          | 3                     | 54.00                               |
| 56     | 5                  | Lomas de Atzingo II Tq.                | 32.7         | 24                    | 2,825.28                            |
| 57     | 5                  | Lomas de San Antón                     | 11.6         | 24                    | 1,002.24                            |
| 58     | 5                  | Rancho Tetela 2 Tzompante              | 20.0         | 24                    | 1,728.00                            |
| 59     | 5                  | Ruiz Cortez                            | 19.3         | 18                    | 1,250.64                            |

**CAPITULO II**  
**DIAGNOSTICO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE**

|          |   |                  |         |     |          |
|----------|---|------------------|---------|-----|----------|
| 60       | 5 | Sacatierra       | 22.5    | 18  | 1,458.00 |
| 61       | 5 | Soledad          | 50.0    | 24  | 4,320.00 |
| 62       | 5 | Tetela del Monte | 8.0     | 24  | 691.20   |
| 62 pozos |   | TOTAL            | 1753.06 | LPS |          |

**EQUIPOS EN MANANTIALES EN OPERACIÓN**

| Número                       | Zona | Nombre                     | Gasto Lps | horas de Operación | Gasto Tot. al día m <sup>3</sup> |
|------------------------------|------|----------------------------|-----------|--------------------|----------------------------------|
| 1                            | 2    | Túnel Pradera (Gravedad)   | 172.5     | 24                 | 14,904.00                        |
| 2                            | 3    | Chapultepec II Orquidea    | 32.4      | 24                 | 2,799.36                         |
| 3                            | 3    | Chapultepec II San Juan    | 51.4      | 24                 | 4,440.96                         |
| 4                            | 3    | Chapultepec II Ampliación  | 14.1      | 24                 | 1,218.24                         |
| 5                            | 3    | Chapultepec II Atlacomulco | 54.5      | 24                 | 4,708.80                         |
| 6                            | 4    | Túnel Cárcamo 1 y 2        | 126.1     | 24                 | 10,895.04                        |
| 7                            | 5    | Manantial de la India      | 16.2      | 24                 | 1,399.68                         |
| 8                            | 5    | Túnel Pradera (Cárcamo)    | 58.3      | 24                 | 5,011.20                         |
| PRODUCCION TOTAL INSTANTANEA |      |                            | 525.4     | LPS                |                                  |

**RESUMEN DE CAPTACIÓN POR MEDIO DE 70 EQUIPOS EN OPERACION**

| Zona                    | Número de equipos en: |             | Origen   | Ostentamiento |
|-------------------------|-----------------------|-------------|----------|---------------|
|                         | fuentes               | Manantiales |          |               |
| 1                       | 13                    | -           | 432.40   |               |
| 2                       | 10                    | 1           | 183.40   | 172.5         |
| 3                       | 13                    | 4           | 453.78   | 152.4         |
| 4                       | 16                    | 1           | 461.48   | 126           |
| 5                       | 10                    | 2           | 222.00   | 74.5          |
| sumas                   | 62                    | 8           | 1,753.06 | 525.4         |
| Gasto Total instantáneo |                       |             | 2,279.06 | Lps           |
| Pozos                   |                       |             | 87.1%    |               |
| Manantiales             |                       |             | 12.9%    |               |

**TABLA 2.19.**

Cabe hacer notar que aunque la cantidad de agua producida es suficiente para satisfacer la demanda de la ciudad en condiciones ideales de operación, debido al nivel de pérdidas en la red y a la operación que actualmente se lleva en el sistema, esta producción no es suficiente, por lo que se realizan tandeos en la mayor parte de la ciudad, por otra parte los gastos reportados en la tabla anterior aumentan en época de lluvias ya que se recuperan niveles en el acuífero y los pozos y manantiales aumentan su caudal.



### 2.3.3 Infraestructura existente

#### 2.3.3.1 Agua Potable

En la ciudad de Cuernavaca, Mor. se estima que la red de distribución existente es de una longitud aproximada de 354 km. conformada por tuberías de alimentación primaria, secundaria y de conexiones a tomas domiciliarias de diversos materiales tales como: acero, asbesto - cemento de diferentes clases, strupack, PVC y fierro galvanizado con diferentes diámetros los cuales son de 2 a 18" de diámetro. La operación de la red de distribución se lleva a cabo mediante el uso de 232 cajas de válvulas en las que éstas son manipuladas por el organismo operador, se estima que un 50% aproximadamente de las válvulas existentes no funcionan debido a deficiencias como son: vástagos trabados, compuertas caídas y sinfines pegados.

Existen 5 zonas o sectores de distribución, los cuáles se abastecen por medio del sistema de tandeos, los horarios de abastecimiento son variables, dependiendo de las necesidades del servicio; las horas diarias de aportación y consumo dependen de la zona respectiva, el rango de presión en la red de distribución oscila desde 0.125 kg./cm<sup>2</sup> hasta 7.0 kg./cm<sup>2</sup> esta última se alcanza donde la topografía de la ciudad es mas accidentada.

La red de distribución cubre aproximadamente el 85% del área urbana de la ciudad de acuerdo a estimaciones realizadas con base al plano de infraestructura existente de agua potable, la cobertura del servicio es del 79 %; este servicio funciona en la mayor parte de la ciudad por tandeos, salvo algunas colonias donde se proporciona las 24 hrs. Son escasas las zonas con servicio la 24 hrs., se pueden observar las diferentes zonas de tandeo en el plano correspondiente.

| DIAMETROS    |        | LONGITUD       |                |
|--------------|--------|----------------|----------------|
| (MM)         | (PULG) | (M)            | (KM)           |
| 75           | 3      | 1,806          | 1,806          |
| 100          | 4      | 176,712        | 176,712        |
| 150          | 6      | 83,197         | 83,197         |
| 200          | 8      | 46,757         | 46,757         |
| 250          | 10     | 21,779         | 21,779         |
| 300          | 12     | 12,647         | 12,647         |
| 350          | 14     | 1,428          | 1,428          |
| 400          | 16     | 4,504          | 4,504          |
| 450          | 18     | 6,021          | 6,021          |
| <b>TOTAL</b> |        | <b>354,851</b> | <b>354,851</b> |

Fuente: Información validada en campo.

Debido a lo accidentado de la topografía, al crecimiento urbano sin planeación, la urgencia de cubrir la demanda del servicio y a que sus principales fuentes de abastecimiento se encuentran en la parte media, se dificulta la operación del sistema.



La operación es por medio de tandeos con control de válvulas, aunque existe un programa escrito, este no se respeta y se actúa de acuerdo a las quejas, esta operación es sistemática y de rutina.

Actualmente la ciudad esta dividida en tres zonas: la zona alta o norte, la zona media o centro y la zona baja o sur; por su parte el Organismo Operador la dividió en cinco sectores para su operación, sin importar las zonas de presión y zonas de influencia que pudieran generar. Estos cinco sectores se forman con base a la experiencia y conocimiento del personal del organismo operador, y por tanto es la distribución que se emplea.

El sistema ha crecido en forma desordenada, sin una planeación adecuada y atendiendo básicamente a las zonas que demandan el servicio.

Debido a que actualmente no existen planos confiables de la red existente, ya que el Organismo cuenta únicamente con los planos del proyecto ejecutivo de Agua Potable elaborado por la SAHOP en el año de 1981, los cuales no corresponden a lo existente ya que no se dio el seguimiento a la construcción de la red como lo especificaba el proyecto, fue necesario levantar directamente en campo los datos indispensables para identificar la problemática del Sistema; esto es, se acudió al personal del Organismo Operador que conociera a fondo la red de distribución, los tanques de almacenamiento, las fuentes de captación y los equipos de bombeo, así como los horarios de servicio por sector y el control de las válvulas en cada sector.

Con la información proporcionada por el SAPAC, se procedió a validar dicha información mediante muestreos en campo, levantando cajas de válvulas en puntos estratégicos de la red y repartidos entre los 5 sectores de operación del Sistema, para determinar las características de la red primaria; así mismo, se efectuó un recorrido por todas las fuentes de captación para verificar su ubicación, gasto extraído, características del equipo de bombeo y diámetro de la tubería de conducción.

La cobertura del servicio es del 79 % aproximadamente, además de ciertas colonias que no pertenecen al municipio de Cuernavaca y se les da el servicio como es el caso de Satélite y Atlacomulco, que pertenecen al municipio de Jiutepec.

Debido a que no se contó con una planeación integral del sistema de agua potable, no se identificó ninguna línea de conducción sin servicio en ruta. Las líneas de conducción que existen en el sistema se han construido sin servicio en ruta, sin embargo el crecimiento acelerado de la población ha originado que las líneas de conducción o alimentación que parten de pozos profundos, norias y manantiales hacia los tanques de regulación se interconecten a las redes de distribución.



Algunas líneas de conducción presentan problemas de ruptura frecuentemente, debido a los grandes desniveles y a la edad de la tubería básicamente, ya que cuando se presenta alguna fuga, es reparada de inmediato evitando con ello los desperdicios de agua; las fugas que se presentan con frecuencia son en las tomas domiciliarias, esto se debió a la antigüedad de la toma y a la alta presión que ocasionalmente se genera.

La longitud total de las líneas de conducción existentes, es aproximadamente 46.379 Km., siendo las tuberías de acero, asbesto - cemento, PVC, y fierro galvanizado y variando sus diámetros de 10 a 18".

El sistema cuenta con plantas de bombeo, con bombeos directos de pozos, norias y manantiales a tanques o a la red y 13 son rebombeos de tanques o cárcamos a la red, con excedencias a tanques. En el año 1984 se inicio el cambio de voltaje en las instalaciones, de 3,000 a 23,000 volts. ; por lo que hubo necesidad de cambiar los equipos, bombas que en su mayoría son sumergibles aunque existen algunas verticales; en la actualidad todos los equipos trabajan con 23,000 Volts.

Fuera del tiempo que tienen los equipos, y demás de que no se les da mantenimiento preventivo periódico, su estado físico es aceptable. Cabe mencionar que no obstante se requiere contemplar un programa a corto y mediano plazo.

### **Funcionamiento de los sectores Hidráulicos**

La red de agua potable de la ciudad de Cuernavaca está dividida en cinco zonas de operación conocidas como móviles. A continuación se hará una descripción del funcionamiento hidráulico de cada móvil:

#### **Sector Hidráulico I**

Esta región del sistema se encuentra en la parte Norte de la ciudad correspondiendo también a la parte más elevada de Cuernavaca.

En la zona el abastecimiento de agua se realiza mediante pozos y se envía cierta parte del caudal producido en el sector hacia otras regiones de la ciudad. En la porción Norte del sector dentro de las colonias Caminera e Independencia se ubican los tanques Ocotera I, II, el Independencia y el Ocotera (actualmente fuera de operación). El abastecimiento a esta zona se realiza de la siguiente manera: El agua se obtiene del pozo Chamilpa Universidad I y se conduce a través de una línea de 3" hacia el tanque la Ocotera



I. El abastecimiento a este tanque se lleva a cabo cada tercer día de las 15:00 a las 19:00 h. Así mismo este tanque envía agua un día hacia el tanque Independencia y otro día hacia el tanque la Ocotera con horario de 10:00 a 15:00 h. El citado pozo también abastece un día al tanque Mirador Universidad y otro día a las privadas de la colonia Universidad con servicio de las 15:00 a las 23:00 h.

Existe una válvula sobre la línea que corre a lo largo de Avenida Universidad, dicha línea entronca con la línea ubicada sobre la calle Primavera línea que conecta al pozo Chamilpa Universidad I y al tanque la Ocotera. Esta válvula se cierra desde las 10:00 hasta las 15:00 h para abastecer al mencionado tanque y la parte alta a partir de las 15:00 h inicia el abastecimiento hacia Avenida Zapata, Tlaltenango, Jiquilpán, San Jerónimo, Acacias y Pradera. Esta operación se realiza diariamente.

A lo largo de la calle Primavera entre las calles de Privada Primavera y Defensa Nacional corre una línea de 6". Esta línea cuenta con una válvula a la altura de la Privada Primavera que se abre diariamente de las 5:00 a las 15:00 para abastecer al pueblo de Chamilpa.

Al nor-orienté del pozo Chamilpa Universidad I de encuentra el pozo Chamilpa Universidad III que abastece a la zona donde se encuentra la colonia Morelos y la Universidad Autónoma de Morelos. La operación se realiza de la siguiente manera: De las 10:00 a las 21:00 h se lleva a cabo el abastecimiento sobre la línea que corre sobre el Circuito Universidad, Cuauhtémoc y Agustín de Iturbide. De las 21:00 a las 10:00 h se inicia el abastecimiento a Defensa Nacional. Cabe destacar que la primera línea tiene un diámetro de 4" hasta el Circuito Universidad y posteriormente continúa con un diámetro de 6". Esto genera una caída en la presión de la línea por lo que el servicio tiene problemas en esta zona.

El pozo Lienzo Charro solo abastece a la colonia Brisas Cuernavaca por lo que opera como sistema local. Actualmente el manantial Santa María está fuera de operación.

En la parte poniente del sector hidráulico 1 se sitúan los pozos Rancho Cortés II y III. El pozo Rancho Cortés III abastece al tanque Xala y a la colonia Loma Linda con servicio durante las 24 h del día, mientras que el pozo Rancho Cortés II abastece a la colonia Rancho Cortés enviando sus excedencias al tanque Xala. Dentro de esta misma región se encuentra el tanque Buena Vista que recibe agua de los dos pozos mencionados anteriormente. En esta región se encuentra también el pozo y tanque Loma Linda, ambos fuera de operación.

### **Sector Hidráulico 2**

El sector 2 se ubica en la parte sur - poniente de la ciudad de Cuernavaca y se caracteriza por contar con líneas principales predominando en dirección norte - sur. El abastecimiento del agua se lleva a cabo con el empleo de pozos ubicados dentro del móvil y de fuentes externas de abastecimiento.





Como se mencionó, las principales fuentes de abastecimiento del móvil se encuentran fuera del móvil, destacando el manantial Túnel – Pradera que se encuentra en la parte norte. De dicha fuente de abastecimiento parten tres líneas (dos de 16” y una de 8”) que descienden a lo largo de la Avenida Francisco I. Madero hasta el cruce con la calle Pericón. En este punto pueden distinguirse cuatro derivaciones cuya composición y funcionamiento hidráulico se expone a continuación.

La primer derivación es, de hecho, la prolongación de una de las líneas de 16” extendiéndose a lo largo de las calles Pericón, del Parque y Av. Guillermo Gándara hasta llegar a Humboldt en donde adquiere un diámetro de 12” hasta la calle de Motolinía. Continúa en Humboldt y su prolongación Calzada Palmira con diámetro de 10” hasta llegar al Instituto de Investigaciones Eléctricas en donde termina. A la altura de la calle Don Rafael ya sobre Calzada Palmira se bifurca con una línea de 6” siguiendo el trazo de la línea de 10” y separándose de esta en la calle Apatzingán.

La segunda derivación parte de la segunda línea de 16” sobre Pericón con diámetro de 8” hasta la calle de Carlos Cuaglia donde adquiere un diámetro de 6” continuando sobre Vicente Guerrero hasta finalizar al entroncar una línea de 4” sobre la calle Ignacio López Rayón.

La tercer derivación parte de la citada línea de 16” sobre la calle Francisco I. Madero con diámetro de 14” hasta entroncar la Av. Morelos, siguiendo su trazo hasta Galeana en donde adquiere un diámetro de 8”, la línea de Galeana inicia en la calle Hidalgo y se alimenta de una derivación de la línea de 6”. La línea de 8” abastece al tanque Chipitlán y llega al tanque la Isla (actualmente fuera de operación), y continúa sobre la misma Av. Morelos con diámetro de 6” y 4” hasta el cruce de la carretera México - Acapulco y la calle de Apatzingán. Paralela a la línea que corre sobre Morelos se extiende una tubería de 4” que sigue su trazo hasta la calle Jalisco.

En el cruce de Morelos y Francisco I. Madero en donde inicia la derivación anterior se cuenta con una línea de 12” instalada a lo largo de la calle Mariano Matamoros cambiando de diámetro a 4” al cruce con la calle Dwight Morrow.

La cuarta derivación desciende del Túnel Pradera por el Boulevard Emiliano Zapata y su prolongación Morelos hasta entroncar la calle Francisco I. Madero en donde inician la tercera derivación con diámetro de 6”. Cuenta con una derivación a la altura de Pino Suárez internándose a lo largo de la calle Alvaro Obregón con diámetro de 8” y también contando con derivaciones hacia el sector hidráulico 5 a la altura de las calles Guadalupe Victoria (8”) y Av. Chulavista (2”).

Los movimientos más importantes en el sector se llevan acabo en la parte norte y fundamentalmente consisten en aperturas escalonadas de válvulas sobre las cuatro derivaciones mencionadas con el fin de poder llevar acabo tandeos en las partes alta media y baja del sector. Estos movimientos tienen como objeto disminuir las presiones en la parte baja. Existen varias líneas de interconexión entre las derivaciones extendiéndose en



dirección oriente – poniente. Las derivaciones mencionadas no abastecen ningún tanque de regulación o almacenamiento con excepción del tanque Chipitlán.

Los pozos existentes en el sector fundamentalmente abastecen sistemas locales que en la mayoría de los casos cuentan con tanques de regulación.

### **Sector Hidráulico 3**

Este sector hidráulico se encuentra ubicado al suroriente de la ciudad. de Cuernavaca y cuenta con las principales fuentes de abastecimiento de la ciudad. El pozo Chapultepec 1 es una de las principales fuentes de abastecimiento de la ciudad. cuenta con 5 equipos de bombeo de los cuales 3 envían su caudal al interior del sector mediante varias líneas.

La primera de ellas es de 18" de diámetro y se extiende a lo largo de la Av. Plan de Ayala contando con varias derivaciones. La primera sobre la Av. Tequesquitengo y calle Central con diámetro de 6" que se extiende a lo largo de la Av. Central y Plan de Ayala Hasta la carretera México - Acapulco en donde se encuentra cerrada, con lo cual se abastece a una parte de la colonia Satélite, Cuauhnáhuac y Flores Magón Primera secc. La segunda derivación en el cruce de Av. Plan de Ayala y Tepoztlán que se extiende sobre esta última y Av. Cuauhtémoc hasta Galeana con un diámetro de 18", bifurcándose de la siguiente manera:

Sobre Av. Cuauhtémoc hasta la calle de la Estación con diámetro de 16" abasteciendo al tanque Gándara. Este último también recibe agua del pozo Amatitlán mediante una conducción de 8". Del citado tanque parte una línea de 8" a lo largo de la calle de la Estación, Copalhuacan y Av. Atlacomulco con horario de 10:00 h a 21:00 h cada tercer día, abasteciéndose el CERESO de la ciudad. y la colonia Primavera así como la calle Morelos por medio de una línea de 6" con horario terciado de las 18:00 h a las 06:00 h el resto de los días.

Por otro lado sobre la Av. Galeana se encuentra la otra derivación que cuenta con un diámetro de 10" hasta la calle Morelos, continuando por esta última y la calle de Rufino Tamayo en dirección hacia el poniente finalizando en el límite del sector. En esta misma región se encuentra el pozo Jardines de Acapatzingo que proporciona servicio a la colonia del mismo nombre. Las líneas principales de esta región corren a lo largo de la calle 16 de Septiembre (8"), Galeana (6" y 8"), Nicolás Mendoza, 5 de Febrero y Castulo (con diámetro de 6"); estas últimas calles correspondientes a las colonias Ampliación, Acapatzingo y Manantiales en las cuales no se disponen de líneas con diámetros adecuados para llevar a efecto una distribución eficiente.

La tercer derivación inicia en la Av. San Juan continuando sobre la Av. Cuauhtémoc hasta llegar al manantial Chapultepec 2 en donde se encuentra cerrada. La línea tiene un diámetro de 8" y abastece a la colonia Chapultepec con líneas de 3" y 4".



La cuarta derivación se encuentra sobre la Av. Plan de Ayala a la altura de Jacarandas con diámetro de 6" y 3" y contando con servicio en esta línea de las 02:00 a las 10:00 h surtiendo a las colonias Jacarandas, Bugambilias y Quintas Martha.

La quinta derivación se ubica en el cruce de la Av. Plan de Ayala y Carnero con diámetro de 4" y 3" proporcionando servicio a la colonia Amatitlán.

La sexta derivación se encuentra en el cruce de Plan de Ayala y Popocatepetl para proporcionar servicio a la unidad habitacional Teopanzolco.

Finalmente esta línea de 18" se interna al sector hidráulico 2.

La segunda línea procedente del pozo Chapultepec 1 se extiende sobre la calle de Aguascalientes hasta encontrarse con la autopista México - Acapulco, siguiendo su trazo hasta el tanque Diana del sector 3. En su trayecto tiene una derivación al tanque Flores Magón de 1,200 m<sup>3</sup> de capacidad que sirve al tanque de las 06:00 h a las 18:00 h De dicho tanque se abastece la colonia Flores Magón Segunda secc. mediante líneas de 8" que se extienden sobre las calles Puebla, Tabasco, Librado Rivera, Baja California, Nayarit, 21 de Noviembre, Zacatecas, Morelos, Durango, Colima y Aguascalientes, esta última correspondiente a la colonia Condominio Chapultepec. En el resto de la colonia Flores Magón las líneas existentes tienen diámetros de 4", 3" y 2 1/2" por lo que el abastecimiento es deficiente, por no contar con líneas principales. Se abastece a la colonia Joya de los Jilgueros de las 18:00hrs a las 02:00 h, a la colonia de Mártires de Río Blanco de las 10:00 h a las 18:00 h y a la colonia Ramón Hdez. Navarro de las 21:00 h a las 10:00 h

Debido a la contaminación del pozo Fidel Velázquez y su consecuente salida de operación se habilitó una línea de 3" desde el tanque Flores Magón hasta la colonia Alegría para poder llevar acabo el abastecimiento de esta Zona.

En la parte oriente del sector se encuentran los pozos Flore Magón 2, Rastro y Revolución, este último cuenta con 2 equipos de bombeo. En esta región se ubica también el tanque Flores Magón 2 que sin embargo se encuentra fuera de operación. El funcionamiento hidráulico de esta región consiste fundamentalmente en enviar el caudal de los pozos hacia el citado tanque sin penetrar en este y de ahí iniciar el abastecimiento de agua potable.

Otras de las fuentes principales es el del manantial Chapultepec 2 que cuenta con cuatro equipos de bombeo y su funcionamiento hidráulico se describe a continuación:

El equipo San Juan envía su caudal mediante una línea de 12" que se extiende a lo largo de la Av. Sol y Av. San Juan; se bifurca a la altura de Isidro Fabela con diámetros de 10" y 6".

El equipo Ampliación emite su caudal con rumbo a la colonia Ampliación Chapultepec mediante una línea de 6" que corre a lo largo de la calle Castillo de Chapultepec.



El equipo Orquídea abastece una línea de 6" que corre sobre Magnolia y Begonia abasteciendo al tanque Orquídea. Al norte de este tanque se ubica el pozo Lomas del Bosque que surte a la región con líneas de 6" sobre las calles Cuauhnáhuac, 10 de Abril y Geranio. Al sur del tanque Orquídea se encuentra el pozo Emiliano Zapata que funciona como sistema local.

Finalmente el equipo Atlacomulco envía su caudal a la colonia del mismo nombre mediante una línea de 3".

#### **Sector Hidráulico 4**

El sector hidráulico 4 se ubica en la parte central de la ciudad, el suministro de agua potable se lleva a cabo mediante el empleo de pozos localizados dentro del sector y recibe además agua de otras regiones.

Se distinguen tres zonas de abastecimiento: la primera localizada en la parte poniente del sector delimitada por la vía México - Cuernavaca; la región nor-oriente donde se ubica la colonia Antonio Barona y la región sur-oriente.

La primer región citada cuenta con los pozos Pedro de Alvarado, Ahuehuetitla, Ventura Ferreiro, Loma Bonita, Reforma, Mascareño, El Ámate, Panteón El Mogote y el ubicado en la unidad habitacional Teopanzolco. Además recibe agua del Túnel cárcamo ubicado dentro del sector 1.

Funcionamiento Hidráulico de la región Poniente. Uno de los Tanques principales de esta región es el Ámate de 2,000 m<sup>3</sup> de capacidad, recibe agua del pozo 24ª Zona militar a través de una línea que corre a lo largo de la carretera a Tepoztlán y la Av. Vicente Guerrero, contando en su trayecto con tubería de 10, 8 y 6 pulgadas, el abastecimiento al tanque se lleva a cabo los lunes, miércoles y viernes, mientras que los martes, jueves y sábados se abastece a la colonia Lomas del Conde mediante la línea de 6" ubicada mediante la línea Vicente Guerrero. Al oriente de este tanque se encuentra el pozo Pedro de Alvarado que suministra agua a la calle Coyotepec y Boulevard Cuauhtémoc. En la esquina de Coyotepec y Paseo del Conquistador se encuentra una válvula que permanece cerrada para confinar esta zona. Sobre Paseo del Conquistador corre una línea de 8" desde la salida del tanque Ámate hasta Nueva Suecia, contando con varias derivaciones como la de la calle Copalera que cuenta con una línea de 4". Al final de la línea de 8" citada se encuentra la colonia Lomas de Cortés en donde se cuenta con líneas de 4" y 2 1/2" que anteriormente eran abastecidas por el pozo Monasterio (actualmente fuera de operación); por esta razón entre Copalera y la Av. Vicente Guerrero se apoya el abastecimiento con pipas.

Para reforzar el abastecimiento en esta zona se cuenta con 2 líneas de 4" que descienden del tanque Ahuehuetitla sobre la calle Bernal Díaz del Castillo y Fray Juan de Sumárraga. El citado tanque recibe agua del pozo Ahuehuetitla que sirve a las siguientes colonias: Lomas de Cortés Oriente, Ahuehuetitla y Providencia con horario de 08:00 h a 14:00 h y a la colonia Lomas de Cortés de las 14:00 h a las 20:00 h cada tercer día.



Aguas abajo del tanque Amate corre una línea de 10" sobre la Av. Vicente Guerrero hasta la calle Nueva. Inglaterra para posteriormente continuar sobre la Av. Gobernadores con un diámetro de 4" hasta la calle 20 de Noviembre. Con esta línea se suministra agua potable a las colonias Lomas del Conde, Recursos Hidráulicos, Reforma segunda secc. y el Empleado.

Sobre la calle Nueva Italia a la altura de la Av. Domingo Diez se encuentra el tanque Nueva Italia que tiene una capacidad de 4,000 m<sup>3</sup>; que recibe agua del Túnel Cárcamo de las 21:00 horas, a las 7:00 horas diariamente, y del tanque el Amate mediante una línea de 10" que corre sobre la Av. Nicolás Bravo. Auxiliándose del pozo Ventura Ferreiro se abastece a la colonia Nueva Italia de manera terciada; un día se abastece a las calles de Nueva Francia, Nueva Italia y Nueva Inglaterra entre Nueva China y Pedro de Alvarado y otro día se abastece a las calles de Nueva Rusia, Nueva Bélgica, Nueva Bruselas, Nueva Suiza y Nueva Holanda.

Aguas abajo del tanque Nueva Italia se cuenta con una línea que corre sobre Poder Legislativo con diámetro de 12" y 10" cerrada a la altura de la calle 20 de Noviembre, con una derivación de 10" a la altura de la calle Apolo 11, su continuación Nueva Bélgica y la Av. Teopanzolco hasta la Av. San Diego con lo que se abastece a las colonias Reforma segunda secc. y Rincón del Valle. La línea de conducción entre el Túnel Cárcamo y el Tanque Nueva Italia cuenta con una derivación en el cruce de Cuauhtémoc y Aquiles Serdán, extendiéndose a lo largo de las Av. Domingo Diez, Juan Alvarez, Poder Legislativo y Vicente Estrada Cagigal con derivaciones en los cruces de Aquiles Serdán y Melchor Ocampo (3"), Domingo Diez y Juan Alvarez, y 20 de Noviembre y Juan Alvarez, esta última consiste en una tubería de 8" que cuenta con servicio desde las 00:00 h a las 13:00 h y a su vez suministra agua a la colonia Tezontepec mediante el crucero ubicado en la calle Ocotepc y Vicente Estrada Cagigal. Con este movimiento se abastece a la colonia Bosque del Miraval.

Sobre la avenida Gómez Azcárate se extiende una línea de 6" entre Av. Gobernadores y Pericón con una derivación sobre prolongación de los Estrada. El abastecimiento en esta zona se lleva a cabo con el pozo Loma Bonita dando suministro las 24 h del día y con una línea de 4" proveniente de la Av. Domingo Diez con servicio de las 00:00hrs a las 13:00 h

Al oriente del pozo Loma Bonita se localiza el pozo Reforma que esta conectado a la tubería que corre a lo largo de la Av. San Diego con un diam. de 6". La línea de la Av. San Diego esta cerrada entre prolongación Reforma y Río Sinaloa, abasteciendo a la colonia Jardines de Reforma de la siguiente manera: de las 10:00 h a las 12:00 h cada tercer día a la calle prolongación Reforma con una línea de 3"; de las 21:00 h a las 09:00 h diariamente a las calles California y Nogales entre Av. Reforma y Sonora; y finalmente de las 09:00 h a las 21:00 h diariamente a las calles Río Nilo y Usumacinta entre Av. Reforma y Sonora.



Sobre la calle de Sonora y la Calzada de Los Estrada se ubica el tanque Vista Hermosa con capacidad de 1,000 m<sup>3</sup> y recibe agua del equipo 3 del pozo Chapultepec 1 a través de una línea de 10" que corre a lo largo de la calle Camino de los Leñeros, Calzada de los Estrada y Sonora. El tanque cuenta con un equipo de rebombeo que surte agua a la colonia Parque de las Américas por medio de una línea de 8" que corre a lo largo de la calle Sonora, cuenta además con 3 líneas ( 2 de 8" y 1 de 4" de diámetro) que se extienden sobre la Calzada de Los Estrada hasta la calle de Amacuzac dando servicio de las 05:00 h a las 14:00 hrs diariamente para servir a la colonia Vista Hermosa.

Al sur de esta región se encuentran los pozos Panteón el Mogote y unidad habitacional Teopanzolco que suministran agua a las colonias unidad habitacional Teopanzolco, Santa Veracruz y Teopanzolco, La colonia Lomas de los Volcanes se abastece con una derivación de la línea de conducción del pozo Chapultepec 1 al tanque Vista Hermosa ubicada a la altura de la calle Paricutin con servicio de las 06:00 h a las 18:00 h diariamente.

Funcionamiento Hidráulico de la región sur-oriente. Aquí se cuenta con los pozos Jardines de Cuernavaca y el equipo 3 del pozo Chapultepec 1, con lo cual se abastece a la colonia Jardines de Cuernavaca.

Al norte se encuentran los pozos Río Mayo y Delicias Barranca 2 además del tanque Delicias. El funcionamiento se lleva a cabo de la siguiente manera: El pozo Delicias Barranca 2 envía agua al tanque Delicias pero antes de llegar a este se cuenta con un bypass para evitar pasar al tanque y entonces iniciar el abastecimiento a una línea de 6" que se extiende sobre la calle Neptuno y San Diego hasta Atinea con lo cual se abastece a las colonias las Delicias, Bello Horizonte Segunda secc. y el Fraccionamiento Primavera. Así mismo el pozo Río Mayo bombea su caudal sobre la calle Diana entre la calle Privada Norte y Naranjos con una línea de 6" y 4" con lo cual se abastecen las colonias Rinconada Florida, Conjunto Paraíso y Ámate redondo.

Al oriente de estos pozos se encuentra el tanque Diana cuyo abastecimiento se lleva a cabo con el equipo 5 del pozo Chapultepec 1 y una conducción de 12" de diámetro ubicada sobre la autopista México - Acapulco. Este tanque abastece a las colonias Tulipanes y Santa Marta a través de una línea de 10" que se extiende sobre la calle Diana y una línea de 6" sobre la calle Tulipán Italiano que también surte al tanque elevado tulipanes. En esta misma región se encuentran el pozo y los tanques unidad habitacional Morelos que funcionan como sistema local.

Funcionamiento Hidráulico de la región Nor-oriente. En esta región se encuentran los pozos Antonio Barona I, II y III y los tanques Antonio Barona I y II. Las líneas principales se extienden sobre las Avenidas Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas, Acahuatepec y Lomas de Cortés con diámetro de 6" y sirven a las colonias Bello Horizonte Primera secc. y Antonio Barona.



### Sector Hidráulico 5

Se encuentra ubicado en la parte nor - poniente de la ciudad. Una de las fuentes más importantes de este móvil es el Manantial la India, que abastece la parte norte de la siguiente manera:

Diario se bombea de las 6:00 – 14:00 a un tanque hidroneumático conocido como Lomas del Pinar IV, a su vez éste envía agua por bombeo al tanque Lomas del Pinar V de las 6:00 – 14:00 h cada tercer día. Los días que no se suministra servicio a dicho tanque, se envía al tanque Lomas del Pinar III de las 6:00 – 13:30 h y de ahí se distribuye por gravedad a través de una línea de 4" hasta la calle Río Tenango suministrándose servicio diario a la parte baja de las 13:30 a las 17:00 h.

Por gravedad se envía agua a través de una línea de 8". A la altura de la calle 15 de agosto se envía agua al tanque Rancho Tetela (La gringa) por medio de una derivación de 4". Este tanque se utiliza únicamente en época de lluvias. El servicio de agua potable se proporciona a las colonias Rancho y Hacienda Tetela, Lomas de Coyuca de las 6:00 – 18:00 h. Para el suministro de esta zona se cuenta con líneas de 3, 4 y 6", siendo esta última la principal. Esta línea corre en su parte baja por la calle Estrella del Norte y se encuentra cerrada a la altura del retorno Monte Albán.

Continuando con la línea de 8" del Manantial la India se suministra agua a la colonia Tetela del Monte auxiliándose con el pozo del mismo nombre. Cada tercer día se suministra agua a la parte media y baja a través de una línea de 6" localizada sobre la Calzada de los Reyes que continúa con un diámetro de 4" a lo largo de la Calzada de los compositores hasta llegar a la calle Manuel Ávila Camacho en donde la línea se encuentra cerrada. A lo largo de esta línea se inicia el suministro a las 0:00 en la parte más baja (Col. San Jerónimo) hasta las 6:00 h. Posteriormente se cierra la línea a la altura de la Privada de los Reyes para proporcionar el servicio a esta calle y a la 2ª privada de los Reyes desde las 6:00 hasta las 12:00. Al llegar esta hora se cierra la línea mediante una válvula ubicada entre la 2ª y 3ª privadas de los Reyes para finalmente proporcionar el servicio de las 12:00 a las 18:00 h y de las 18:00 a las 23:00 h a la 3ª y 4ª privadas de los Reyes respectivamente. Los días que no se proporciona suministro a esta zona se sirve a los usuarios de las calles León Salinas, Moras, Lázaro Cárdenas y Guadalupe de las 00:00 a las 6:00 h. Al finalizar el servicio en estas calles se inicia en la calle de la Cruz desde las 6:00 a las 18:00 h, mediante tandeos en las partes baja, media y alta de esta calle auxiliándose del pozo Tetela del Monte que suministra servicio a la colonia los Tepetates de las 18:00 a las 22:00 h

En la parte media del sector hidráulico 5 se ubican varios pozos que surten de agua potable a las zonas media y baja.

El pozo la Soledad abastece al tanque del mismo nombre y distribuye el agua a través de una línea de 8" que corre a lo largo de la Calzada de los Actores, la Av. H. Preciado y finalmente la calle Chulavista, esta última con un diámetro de 4" y una derivación de 6" que corre a lo largo de las calles Bajada del Salto y Cerezo con suministro de las 5:00 a las 13:00 h diariamente. A lo largo de esta línea se realizan tandeos para llevar



a cabo el suministro. En la parte más baja correspondiente a la línea de la calle Chulavista (Col. Ampliación Chulavista) se realiza el servicio de las 21:00 a las 5:00 h diariamente. Una vez terminado el servicio en esta colonia, se cierra la línea en el cruce de H. Preciado y Chulavista para servir a la Av. H. Preciado de las 13:00 a las 21:00 h cada tercer día y a la Calzada de los Actores el resto de los días con igual horario de servicio. El pozo Lomas de San Antón sirve a la Col. San Antón, cuenta con un tanque elevado de 40 m<sup>3</sup> y funciona como sistema independiente.

El pozo la Cañada funciona también como sistema independiente, disponiendo de un tanque elíptico de 64 m<sup>3</sup>

El pozo Ruiz Cortines bombea en forma directa a la red de distribución de la Col. Adolfo Ruiz Cortines desde las 6:00 hasta las 18:00 h. Por otro lado, este mismo pozo suministra agua al Tanque Hacienda Tetela, llenándolo de las 6:00 a las 7:00 h. Con respecto a la Col. Hacienda Tetela el suministro se realiza de manera terciada: Un día desde las 17:00 hasta las 6:00 se sirve a las calles Río Yautepec y Río Tenango y el otro día se sirve a las calles Río Amacuzac y la porción sur de la calle Felipe Rivera Crespo desde las 6:00 hasta las 13:00 horas.

El pozo Lomas de Atzingo llena el tanque Lomas de Atzingo I. Una vez lleno el tanque, su contenido es enviado al Tanque Plan de Ayala (Palafox) a través de una línea de 6" ubicada sobre Paseo Atzingo de las 18:00 a las 00:00 h. El suministro a esta calle correspondiente a la Col. Lomas de Atzingo se inicia a las 9:00 h y termina a las 13:30 h desde la calle Amador Salazar hasta la calle Cuatro (Parte Baja). Inmediatamente después se cierra la línea en la última calle mencionada para dar inicio al suministro de la parte alta de esta colonia, correspondiente a las calles dos y uno desde las 13:30 hasta las 16:30 h. De esta misma línea, en su parte alta existe una derivación para servir a la Col. Atzingo a través de una línea de 4" tendida sobre Av. Chalma. El suministro a esta colonia se lleva a cabo desde las 0:00 hasta las 12:00 h. Hasta las 10:00 h el suministro se realiza sin restricción alguna, a partir de entonces se hace movimientos en las válvulas para iniciar el servicio sobre Paseo Atzingo y finalmente a las 12:00 h se interrumpe el servicio definitivamente.

En la baja del sector se ubica el pozo Alta Vista que surte de agua al tanque Plan de Ayala (Palafox) ubicado a mayor elevación a través de una línea de conducción de 8" sin derivaciones. A partir del Tanque Plan de Ayala se inicia el suministro del agua a lo largo de dos líneas de 4" localizadas sobre la Av. Otilio Montaña sirviendo a las Colonias Alta Vista y Plan de Ayala con horarios de 10:00 a 21:00 h y de 10:00 a 17:00 h respectivamente. La parte baja de la Col. Altavista ubicada al sur de la calle Sebastián Lerdo de Tejada tiene servicio de la 1:00 a las 10:00 h del otro día.





## Regulación

Por la forma de operar el sistema de agua potable con base en tandeos, no existe regularización, los tanques cumplen parcialmente su función de almacenamiento, el sistema cuenta con 57 tanques con capacidad total de 32,300.7 m<sup>3</sup>, 10 tanques están fuera de servicio lo que implica una disminución en el almacenamiento de 4,892.3 m<sup>3</sup> por lo que solo están utilizando 27,408.4 m<sup>3</sup>; entre las causas que intervienen para que estos tanques hayan salido de operación, dos son relevantes, una el crecimiento que ha tenido la ciudad y la necesidad de cambiar el servicio lo que ha originado que algunas fuentes bombeen directo a red, la otra es la falta de planeación en la operación del sistema pues no es posible que con un desnivel longitudinal aparte de los transversales, de 600 m en promedio no exista una sola caja rompedora de presión:

El estado físico y de operación en que se encuentran los tanques es bueno, a excepción del tanque Madero, el cuál es necesario rehabilitar, ya que actualmente se encuentra fuera de servicio por no disponer del caudal necesario para llenarlo; por otra parte, el Organismo Operador ha decidido utilizar el tanque Miraval que también se encuentra fuera de servicio como almacén y oficinas de mantenimiento, por lo que la capacidad de este tanque ya no se considerará en la capacidad total de almacenamiento del sistema.

Así mismo para mejorar la operación de los tanques existentes que se pueden aprovechar en el Proyecto Integral de Agua Potable, es conveniente instalar equipos de medición que permitan conocer los volúmenes almacenados y los caudales de entrada y salida diarios, con objeto de mejorar el suministro y la distribución de agua potable a la población.

| Sector        | Volúmenes de almacenamiento |                |               | Regulación Requerida |               |                 |
|---------------|-----------------------------|----------------|---------------|----------------------|---------------|-----------------|
|               | Operando                    | Fuera de Op. , | Total         | Demanda              | 24 horas      | m <sup>3</sup>  |
| 1             | 11,185                      | 4,707          | 15,892        | 432.06               | 7,559         | 3,626           |
| 2             | 1,545                       | 1,330          | 2,875         | 355.98               | 6,228         | (4,683)         |
| 3             | 3,085                       | 1,700          | 4,785         | 664.13               | 11,620        | (8,535)         |
| 4             | 5,435                       | 600            | 6,035         | 616.99               | 10,795        | (5,360)         |
| 5             | 3,530                       | 500            | 4,030         | 291.06               | 5,092         | (1,562)         |
| <b>Total</b>  | <b>24,780</b>               | <b>8,837</b>   | <b>33,617</b> | <b>2,360.21</b>      | <b>41,294</b> | <b>(16,514)</b> |
| <b>Com. %</b> | <b>74%</b>                  | <b>26%</b>     | <b>100%</b>   |                      |               |                 |

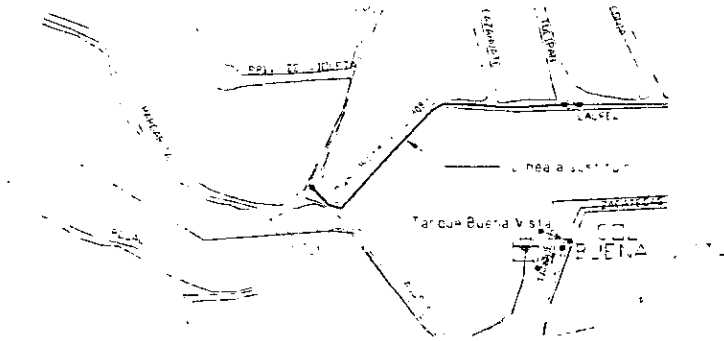
16,514 < Necesidad de Regulación

Construcción de 2 nuevos tanques de 550 m<sup>3</sup> y 250 m<sup>3</sup> ubicados en el sector 1. Esto debe incluir la instalación de tubería como se explica a continuación:

| Diámetro | Longitud |
|----------|----------|
| 150 mm   | 953 m    |
| 150 mm   | 994 m    |
| 150 mm   | 1,261 m  |
| 150 mm   | 1,192 m  |
|          | 4,400 m  |



Sustitución de la línea de 3" (75 mm) por una de 6" (150 mm) ubicada sobre la calle Laurel entre las calle de Ajusco y Tulipán. La sustitución tiene como objeto mejorar la capacidad de gasto de esta línea, pues en la actualidad inicia con un tramo de 6", posteriormente se une a un tramo de 3" y finalmente tiene un tramo de 4". La existencia del tramo de 3" provoca una reducción muy grande de la sección del tubo lo que provoca pérdidas muy grandes. El tramo a sustituir tiene una longitud de 308 m. Ubicación de la línea a sustituir



En la colonia Flores Magón se tiene problemas de desabasto de agua potable debido a un mal funcionamiento hidráulico de la red pues la línea de 8" que se extiende a lo largo de las calles Zacatecas, 21 de Noviembre, Nayarit, Baja California y Librado Rivera que abastece al tanque Flores Magón tiene derivaciones a lo largo de la calle de Baja California. Por otro lado, la red es muy grande prevaleciendo diámetros de 3" y 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" con lo que se tiene poca capacidad para proporcionar el servicio.

Para resolver este problema, se propone lo siguiente. Construir un crucero a la altura de la calle de Zacatecas y la Carretera México – Acapulco para realizar el abastecimiento del tanque Flores Magón sin extracción alguna. Posteriormente realizar el tendido de una tubería de 6" a lo largo de las calles Oaxaca, Librado Rivera, Tabasco, Sonora hasta llegar a la calle de Zapata y entroncar con la calle 32 para realizar el abastecimiento de toda la colonia Ricardo Flores Magón, Joya de Jilgueros y Mártires de Río Blanco.

Para ello se deberá instalar la siguiente tubería: La nueva conducción al tanque Flores Magón que corre desde la calle Zacatecas y la Autopista México – Acapulco consistente en una tubería de 8" (200 mm) de 686 m., 292 m de 6" (150 mm) de tubería sobre la calle de Oaxaca entre Librado Rivera y San Luis Potosi. 1,556 m de tubería de 6" (150 mm) a lo largo de las calles de Oaxaca, aprovechando la tubería de 8" (200 mm) sobre Librado Rivera, para continuar sobre Tabasco, hasta la calle de la Rivera para continuar sobre la calle de Sonora hasta Zapata para continuar sobre la anterior calle hasta la Calle 32. Un tramo de 4" (100 mm) de 64 m de longitud sobre Av. Cuernavaca, entre Sonora y Sinaloa. En resumen se tiene:

**CAPITULO II**  
**DIAGNOSTICO DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE**



| Diámetro | Longitud |
|----------|----------|
| 100 mm   | 64 m     |
| 150 mm   | 1,848 m  |
| 200 mm   | 686 m    |
|          | 2,598 m  |

Cabe destacar que la línea de conducción actual de 8" (200 mm) ubicada sobre la calle de Baja California entre las calles de Sonora y Nayarit sería aprovechada como distribución en esta propuesta.

**TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

Información actualizada a la segunda quincena de mayo de 1997

| NUMERO                                | NOMBRE                              |      |    | CLAVE |        |     | OBSERVACIONES |
|---------------------------------------|-------------------------------------|------|----|-------|--------|-----|---------------|
| T01/E/A/100                           | AH-JUETTITLA                        | T01  | E  | A     | 100    | 0   |               |
| T02/S/C/2000                          | AMATE                               | T02  | S  | C     | 2000   | 0   |               |
| T54/S/M/300                           | TRES CRUCES                         | T54  | S  | M     | 300    | 0   |               |
| T04/S/C/700                           | ANTONIO BARONA I                    | T04  | S  | C     | 700    | 0   |               |
| T05/S/C/25                            | ANTONIO BARONA II                   | T05  | S  | C     | 25     | 0   |               |
| T06/S/M/100                           | ATLACOMULCO                         | T06  | S  | M     | 100    | 0   |               |
| T07/S/M/700                           | BUENA VISTA (LA CABAÑA)             | T07  | ST | M     | 700    | 0   | FUERA DE OP.  |
| TR08/S/C/40                           | CHAMILPA UNIVERSIAD                 | TR08 | ST | C     | 40     | 0   |               |
|                                       | TEXCALTEPEC                         |      |    |       |        |     |               |
| TR10/E/C/200                          | CHIPITLAN III (REB. PILARES) 2 EOPS | TR10 | E  | C     | 200    | 0   |               |
| T11/S/C/400                           | CLUB DE GOLF                        | T11  | S  | C     | 400    | 0   |               |
| T12/S/M/500                           | DELICIAS                            | T12  | S  | M     | 500    | 0   |               |
| T13/S/C/1200                          | DIANA                               | T13  | S  | C     | 1200   | 0   |               |
| T14/S/C/1200                          | FLORES MAGON                        | T14  | S  | C     | 1200   | 0   |               |
| T15/S/C/1400                          | GANDARA                             | T15  | S  | C     | 1400   | 0   |               |
| T16/S/M/150                           | HACIENDA TETELA                     | T16  | E  | M     | 150    | 0   |               |
| T17/E/C/60                            | INDEPENDENCIA                       | T17  | E  | C     | 60     | 0   |               |
| T18/E/C/40                            | INFONAVIT SAN JERONIMO I            | T18  | S  | C     | 40     | 0   |               |
| T19/S/C/55                            | INFONAVIT SAN JERONIMO II           | T19  | E  | C     | 55     | 0   |               |
| T20/E/C/70                            | INST. DE INVS. ELECTRCAS            | T20  | E  | C     | 70     | 0   |               |
| T21/S/C/70                            | JARDINES DE CUERNAVACA              | T21  | S  | C     | 300    | 0   |               |
| T22/S/C/70                            | JUBILADOS Y PENSIONADOS COLONIA     | T22  | S  | C     | 70     | 0   |               |
| T23/S/C/400                           | LA CAÑADA                           | T23  | S  | C     | 400    | 0   |               |
| T24/S/C/100                           | LA ISLA                             | T24  | S  | C     | 100    | 0   | FUERA DE OP.  |
| TR25/S/C/50                           | LA OCOTERA I (REBOMBO)              | TR25 | S  | C     | 50     | 0   |               |
| T26/S/C/100                           | LA OCOTERA II                       | T26  | S  | C     | 100    | 0   |               |
| T27/E/A/175                           | LAGUNILLA I                         | T27  | E  | A     | 175    | 0   |               |
| T28/S/M/160                           | LOMAS DEL MIRADOR (LAS VIBORAS)     | T28  | S  | M     | 160    | 0   |               |
| T29/S/C/60                            | LOMAS PINAR III                     | T29  | SB | C     | 60     | 0   |               |
| TR30/SB/C/75                          | LOMAS PINAR IV (REBOMBO)            | TR30 | SB | C     | 75     | 0   |               |
| TH31/SB/C/100                         | LOMAS PINAR V (HIDRONELMATICO)      | TH31 | SB | C     | 100    | 0   |               |
| T32/S/C/2200                          | MADERO                              | T32  | S  | C     | 2200   | 50% |               |
| T33/E/C/30                            | MARAVILLAS                          | T33  | E  | C     | 30     | 0   |               |
| T34/S/M/350                           | MARAVILLAS                          | T34  | S  | M     | 350    | 0   |               |
| T35/S/M/50                            | MIRADOR AH-JUATEPEC                 | T35  | S  | M     | 50     | 0   |               |
| T36/SB/C/50                           | MIRADOR AH-JUATEPEC abajo           | T36  | SB | C     | 50     | 0   |               |
| T37/S/C/4000                          | NUOVA ITALIA                        | T37  | S  | C     | 4000   | 0   |               |
| T38/S/C/350                           | OCOTEPEC (PUEBLO)                   | T38  | S  | C     | 350    | 0   |               |
| T39/E/C/35                            | ORQUIDEA                            | T39  | E  | C     | 35     | 0   |               |
| T40/S/M/350                           | ORQUIDEA (SATELITE)                 | T40  | S  | M     | 350    | 0   |               |
| T41/S/M/300                           | PLAN DE AYALA (PALAFOX)             | T41  | S  | M     | 300    | 0   |               |
| T42/S/M/500                           | RANCHO TETELA (CIELITO L.)          | T42  | S  | M     | 500    | 50% |               |
| T43/S/M/500                           | RANCHO TETELA (GRINGA)              | T43  | E  | M     | 1060   | 0   |               |
| T44/E/C/40                            | RINCONADA DEL ARTISTA               | T44  | S  | C     | 40     | 0   |               |
| TR45/SB/C/200                         | RINCONADA DEL ARTISTA               | TR45 | SB | C     | 200    | 0   |               |
| T46/S/M/150                           | RODRIGUEZ ALCANE (JHSUTERM)         | T46  | S  | M     | 150    | 0   |               |
| T47/S/M/200                           | SACATIERRA                          | T47  | S  | M     | 200    | 0   | FUERA DE OP.  |
| T48/E/C/40                            | SAN ANTON                           | T48  | E  | C     | 40     | 0   |               |
| T68/E/C/100                           | LOMAS DE ATZINGO                    | T68  | E  | C     | 100    | 0   |               |
| T50/S/C/1000                          | SAN JUAN                            | T50  | S  | C     | 1000   | 0   | FUERA DE OP.  |
| T51/S/C/1000                          | SAN PABLO                           | T51  | S  | C     | 1000   | 0   | FUERA DE OP.  |
| TR52/SB/C/700                         | SECUNDARIA 4 SAN PABLO              | TR52 | SB | C     | 700    | 0   |               |
| T33/S/C/450                           | SOLEDA                              | T53  | S  | C     | 450    | 0   |               |
| T54/S/M/300                           | TRES CRUCES (LOS RAMOS)             | T54  | S  | M     | 300    | 0   |               |
| T55/E/C/80                            | TULIPANES                           | T55  | E  | C     | 80     | 0   |               |
| TR56/S/C/150                          | U. TEOPANZOLOCO                     | TR56 | S  | C     | 150    | 0   |               |
| TR57/S/C/1000                         | UNIDAD MORELOS                      | T57  | ST | C     | 1000   | 0   |               |
| T58/E/A/180                           | UNIDAD MORELOS                      | T58  | E  | A     | 180    | 0   |               |
| TR59/S/C/1000                         | VISTA HERMOSA                       | TR59 | S  | C     | 1000   | 0   |               |
| XALA                                  |                                     | T60  | S  | M     | 1100   | 0   |               |
| TOTAL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO EN M3 |                                     |      |    |       | 26,045 |     |               |



**NOMENCLATURA**

|                |   |
|----------------|---|
| T              | TANQUE DE ALMACENAMIENTO                        |
| TR             | TANQUE DE REBOMBEO                              |
| 01             | NUMERO DE IDENTIFICACION CONSECUTIVO. ASIGNADO  |
| E, S, SB, ST   | ELEVADO, SUPERFICIAL, SUBTERRANEO, SOTERRADO    |
| C, A, M        | CONCRETO ARMADO. ACERO ESTRUCTURAL. MAMPOSTERIA |
| H              | HIDRONEUMATICO                                  |
| 100, 1000, ... | ES LA CAPACIDAD MAXIMA DE ALMACENAMIENTO        |
| O              | OPERANDO  |
| FS             | FUERA DE SERVICIO                               |

**TABLA 2.20.**

## **Plantas de Bombeo**

El sistema cuenta con 83 plantas de bombeo, de las cuales 70 son bombes directos de pozos, norias y manantiales a tanques o a la red y 13 son rebombes de tanques o cárcamos a la red, con excedencias a tanques. De los 70 bombes directos, 64 operan normalmente y 6 se encuentran fuera de servicio.

En el año 1984 se inicio el cambio de voltaje en las instalaciones, de 3,000 a 23,000 volts.; por lo que hubo necesidad de cambiar los equipos, bombas que en su mayoría son sumergibles aunque existen algunas verticales; en la actualidad todos los equipos trabajan con 23,000 volts, fuera del tiempo que tienen los equipos, y demás de que no se les da mantenimiento preventivo periódico, su estado fisico es aceptable. Cabe mencionar que no obstante se requiere contemplar un programa a corto y mediano plazo de sustitución de equipos.

## **2.3.4. Caracterización del Organismo Operador**

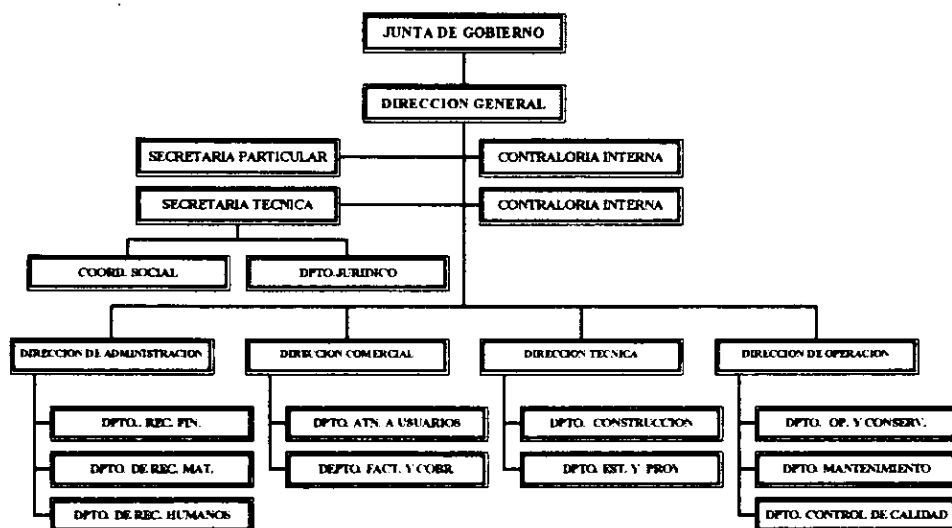
### **2.3.4.1 Estructura y Organización**

La estructura, bajo la cuál funciona el organismo operador del Sistema de Agua Potable de Cuernavaca, Mor. (SAPAC), es esencialmente de una Dirección General y tres Direcciones de Area, misma que cumplen con ciertas funciones, que en conjunto prestan el servicio para el cuál fue creado. Dicha estructura se anexa a continuación:

La junta de gobierno del SAPAC esta integrada por el Presidente Municipal quien la preside, el Sindico Procurador, el Regidor de Servicios Públicos y Municipales, el Regidor de Hacienda, el Regidor de Relaciones Públicas y Difusión, un Representante de la Contaduría Mayor de Hacienda del Congreso del Estado, el Presidente del Consejo Consultivo del organismo, un representante de la Comisión Nacional del Agua

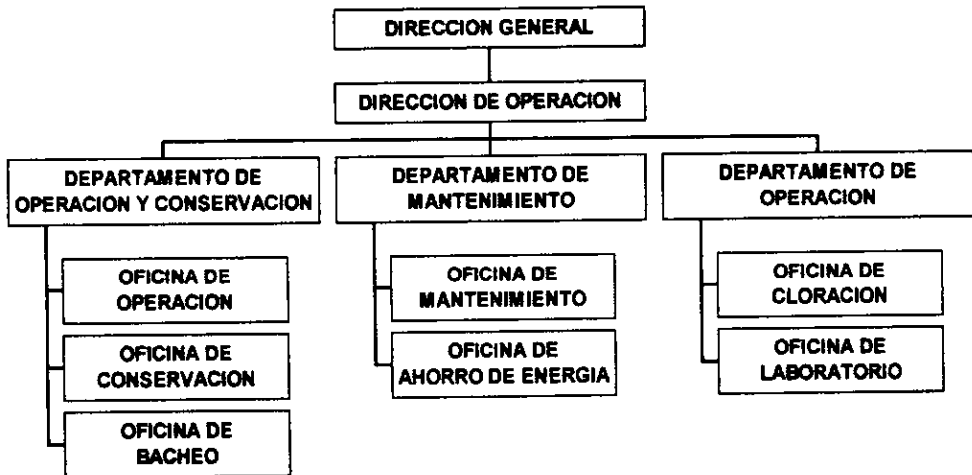


## DIRECCION GENERAL





## DIRECCION DE OPERACION



Como se observa en el organigrama anterior la Dirección de Operación cuenta con tres departamentos: el Departamento de Operación y Conservación, el Departamento de Mantenimiento y el Departamento de Operación.



### 2.3.4.2. Sistema Operacional

Para su operación, el sistema efectúa anualmente un programa de gastos a efectuar a lo largo del año. En dicho programa, el Organismo intenta resolver las necesidades que le manifiesta el Municipio y cubrir con ello las acciones inmediatas que la ciudadanía demanda, en función de los recursos disponibles.

Para la atención y prestación de servicios en condiciones de emergencia, el Organismo tiene una respuesta rápida a pesar de verse limitado en recursos humanos y carencias significativas de equipo y herramienta.

En el servicio de agua potable, la problemática, se tiene básicamente en lo siguiente:

- Equipos de bombeo, no reciben mantenimiento preventivo, motivo por lo cual trabajan con eficiencias bajas.
- Líneas de conducción; resultan en muchos de sus tramos ser líneas añejas, lo que ocasiona el que constantemente se revienten estas por fatiga.
- No existen líneas de interconexión entre tanques.
- Las líneas de conducción que salen de los bombeos entregan agua en ruta.
- El rebombeo que se tiene que dar en varios tanques de almacenamiento, es en virtud de que la mancha urbana se ha extendido a áreas topográficamente por encima de dichos tanques.
- Operación de las cajas de válvulas, la cual se realiza de acuerdo a un programa que en muchos de los casos es planteado en forma superficial viéndose alterado este por intereses de los usuarios.
- La existencia de grandes zonas con servicio tandeado.
- No se cuenta con catastro de instalaciones.
- Se carece de programas de mantenimiento preventivo.
- Carecen de un sistema de información.
- En el caso de los equipos de bombeo se cuenta con un inventario técnico de instalaciones mismo que no se encuentra totalmente actualizado.



- No existen programas de mantenimiento preventivo, por falta de recursos. Además no se cuenta con instalaciones propias para mantenimiento.
- El control de fugas se realiza por medio de brigadas las cuales se reúnen en lo que denominan "Base 2" la cual se ubica en la captación El Túnel, donde el personal recibe los reportes ya valorados para atender primero las fugas más urgentes.
- Actualmente no se realiza medición en las fuentes de abastecimiento aunque en algunos pozos se contó con macromedición la falta de refacciones para dichos medidores ha impedido seguir midiendo.
- La capacidad de regulación es la adecuada para el tamaño de la ciudad aunque será necesario construir dos adicionales en la parte norte de la ciudad para permitir mejor manejo del agua, por otro lado es muy importante que las líneas de conducción se utilicen sin servicio en ruta y que se evite la práctica de bombear directamente a la red.

### 2.3.4.3. Indices de Gestión

De acuerdo con el guión metodológico se presentan los siguientes índices de gestión, cuyos cálculos se dan en el anexo:

|   |          |
|---|----------|
| Desinfección                            | 100 (%)  |
| Continuidad en el Servicio              | 61.25(%) |
| Incidencia de la Energía Eléctrica      | 66.87(%) |
| Cobertura de Micromedición              | 99.6 (%) |
| Eficiencia de la Micromedición          | 66.35(%) |
| Eficiencia en la Cobranza               | 65.12(%) |
| Meses de Facturación Pendiente          | 2        |
| Relación de Operación                   | 82.57(%) |
| Beneficios de Subsidios                 | 37.84(%) |
| Empleados por cada 1,000 tomas          | 6        |
| Agua No Contabilizada                   | 56 (%)   |
| Cobertura del Servicio de Agua Potable  | 79(%)    |
| Cobertura Comercial de Agua Potable     | 100 (%)  |
| Cobertura de Servicio de Alcantarillado | 69.99(%) |
| Cobertura Comercial de Alcantarillado   | 0 (%)    |

**TABLA 2.21.**





## **2.4 SINTESIS INTEGRAL DEL DIAGNÓSTICO**

### **2.4.1. Síntesis operativa y funcional**

#### **Captación**

Las fuentes de abastecimiento en la ciudad de Cuernavaca consisten en manantiales y pozos, los cuales carecen de ciertos tópicos de importancia para encontrar la manera más óptima y eficiente del aprovechamiento de los mismos.

Con respecto a los manantiales, se carecen de estudios geohidrológicos completos y confiables con los cuales se puedan ponderar las características físicas, químicas y bacteriológicas del líquido que pueda obtenerse de ellos, así como un estudio de aforo detallado para buscar si es posible en lo futuro seguir obteniendo los gastos que actualmente se obtienen de ellos.

En lo que incumbe a los pozos, éstos no reciben el mantenimiento preventivo correspondiente, así como tampoco se cuenta con estudios detallados sobre los conos de abatimiento en los mantos freáticos de la zona.

#### **Líneas de conducción**

Desgraciadamente, la mayoría de las líneas de conducción funcionan como líneas de distribución teniendo un gran número de tomas clandestinas conectadas a la misma. Esto se debe al crecimiento de la mancha urbana que trae consigo asentamientos irregulares a lo largo de las líneas de conducción. Además las tuberías presentan diámetros inadecuados que provocan fuertes pérdidas de carga, lo que se transforma en altos costos de operación en suministro de energía eléctrica.

#### **Redes de distribución**

En ellas se tiene un funcionamiento ineficiente, ya que se tienen bombeos directos a la red de distribución, lo que nuevamente se transforma en altos costos de operación interpretados como suministro de energía eléctrica, teniendo a los tanques de regularización horaria; funcionando con las excedencias del sistema, y por lo tanto careciendo del volumen necesario para satisfacer la demanda en condiciones de no - funcionamiento de las fuentes de captación. Cabe mencionar que varios tanques de regularización presentan deterioros que provocan que parte del agua que llega a ellos se pierda en filtraciones al exterior.



Se presentan problemas significativos de pérdidas de este líquido, principalmente en los sectores 4 y 5, ya que en el muestreo realizado en toda la ciudad fueron los sectores que presentaron un porcentaje superior de pérdidas por fugas de agua en ramales, siendo que si aunamos estas pérdidas con las que resultan de la red de distribución, y si su comportamiento es parecido, la problemática por resolver es muy significativa y urgente de dar solución ya que de lo contrario la permanencia de esta reduce en el corto plazo el gasto que se distribuye a la ciudad.

### Macromedición

Aunque el organismo tenía ya macromedición en algunas fuentes estos medidores fueron desinstalados por falta de refacciones por lo que se encuentran en el taller de medidores esperando por el remplazo de sus piezas

### Micromedición

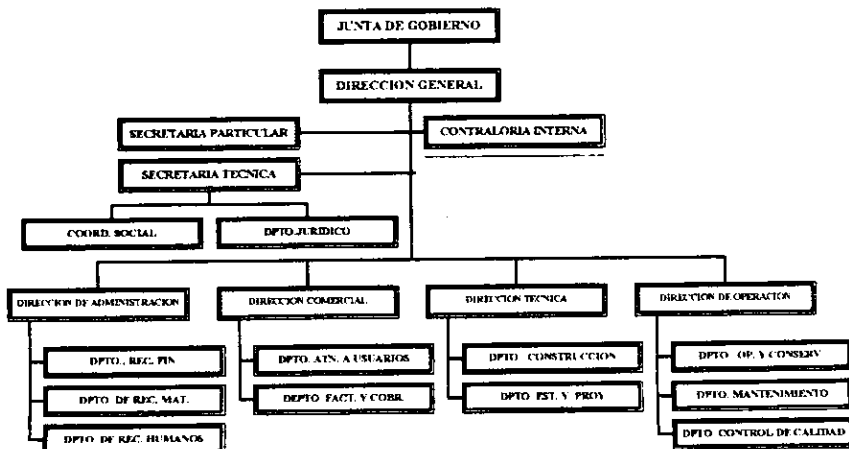
La cobertura de micromedidores no es al 100 por ciento por lo que se necesita instalar los faltantes 13.922 micromedidores, para que se pague lo que se consume

### Potabilización

La potabilización aparentemente no tiene ningún problema ya que se tienen dosificadores de cloro en todas las fuentes.

### Organismo operador

Puede destacarse de manera genérica como resumen de la organización del SAPAC el diagrama de jerarquías que a continuación se expone: y esta en proceso de implantación desde febrero de 1998 por lo que le tomará un poco de tiempo adaptarse a la nueva organización.





Uno de los principales problemas que afronta el SAPAC, en la operación del sistema de agua potable, es la falta de planos a escala conveniente, que contengan la infraestructura existente real, donde se incluyan datos referentes a diámetros, material y clase de tubería de las redes primaria y secundaria, datos de cruceros, se desconoce la disponibilidad real de agua en los acuíferos existentes al carecerse de un estudio geohidrológico detallado de la zona de Cuernavaca.

Otros de los problemas que aquejan al Sistema, es la falta de capacitación a su personal lo que les reduce su eficiencia, por lo que se deben impartir cursos de ortografía y redacción a las secretarías, de la misma forma se debe capacitar al personal en manejo de software especializado a las áreas de trabajo correspondientes, de tal forma que se optimice el tiempo de trabajo del personal.

Se requiere la actualización del padrón de usuarios, ya que la información actual no es confiable

Se necesita diversificar la tarifa de agua potable para los usuarios domésticos, a fin de que el usuario que pague más obtenga mejores condiciones, ya que se tienen consumos muy altos y se paga el agua únicamente de acuerdo con los rangos de consumo, es obligación del organismo operador motivar el ahorro del agua e implantar políticas sociales de subsidio a las clases más necesitadas

## **2.4.2 Oportunidades y Restricciones**

### **Oportunidades.**

A fin de que el Organismo Operador (SAPAC) se consolide y fortalezca como empresa, deberá brindar un mejor servicio, en lo que se refiere al abastecimiento de Agua potable, mediante el mejoramiento de los siguientes puntos:

- Prestar y administrar el servicio de Agua Potable, presupuestar, construir, rehabilitar y ampliar su infraestructura para poder operar sin tandeos.
- Proporcionar a nuevos centros de población el servicio de agua potable ampliando su cobertura de servicio.
- Formular y mantener actualizado el padrón de usuarios ya que se tiene un número importante de tomas clandestinas, aplicando cuotas y tarifas razonables, con el fin de que se pueda cubrir el consumo.
- Para disminuir su rezago en cobranza se debe ordenar y ejecutar la suspensión del servicio, previa limitación, por falta reiterada de pago.



- Se tiene la oportunidad de promover programas de uso racional de agua de tal forma que se fomente la cultura del agua, tanto de su uso, como de su pago.
- Para mejorar la cobranza se debe implementar un programa de pagos anticipados con descuentos

### **Restricciones.**

Dentro de las restricciones que el Organismo Operador debe poner mayor énfasis, debido a que éstas son las que de cierta forma deterioran la imagen del mismo y le restan credibilidad, son:

- El tiempo que el personal de las cuadrillas emplea en reparar una fuga desde el momento que la recibe hasta su terminación final es grande debido a la carga de trabajo.
- La eficiencia del personal de campo es baja y su supervisión es limitada.
- El nivel de pérdidas en la red es muy alto lo que impide el mejor aprovechamiento del recurso
- Las líneas de conducción actuales, funcionan como de distribución, lo que impide el aprovechamiento de los bombeos.
- Se tienen bombeos directos a la red, lo que ocasiona que no se regule el consumo.

### **2.4.3 Fortalezas y Debilidades**

El Organismo Operador (SAPAC) cuenta con una estructura bien establecida dentro de su organización, misma que presenta un equilibrio en todas sus líneas o áreas, resaltando que se encuentra en un periodo de adecuación a nuevas estructuras organizacionales para poder atender las necesidades de los usuarios.

Quizá una de las fortalezas más importantes es la voluntad de solucionar la problemática actual del organismo apoyándose en el recurso humano existente, por lo que con la canalización de los recursos se podrá transformar al organismo, incrementando la eficiencia.

Sin embargo dentro de cada Organismo, siempre hay una área que en condiciones normales tiene un funcionamiento inferior a las demás, debido a causas internas o inclusive políticas; en el caso de SAPAC cabe hacer mención que el sistema Operativo es el punto más frágil de la estructura de organismo, debido a que hace falta gente capacitada para



poder cumplir con las funciones específicas bajo nuevos esquemas de operación con la consecuente problemática de los cambios a instrumentar en la infraestructura y sobre todo en el funcionamiento.

- La debilidad más apremiante por resolver en el SAPAC es la gran cantidad de agua que actualmente se pierde lo que genera mayores costos de extracción y menor volumen de venta, se debe atacar dichas pérdidas por varias vertientes para reducirlas en la mayor brevedad
- Otra de las debilidades es el tiempo de reparación de fugas es grande y deteriora su imagen ante la sociedad, la eficiencia del personal de campo es baja y su supervisión es limitada.
- Para mejorar las debilidades de la línea de conducción actual que funcionan como de distribución, lo que impide el aprovechamiento de los bombeos.

## **2.5 REQUERIMIENTOS INMEDIATOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y CONSOLIDACIÓN DEL ORGANISMO OPERADOR**

De acuerdo con el diagnóstico realizado en cada una de las áreas del SAPAC, se detectaron las siguientes acciones o requerimientos para el mejor funcionamiento del organismo operador en el aspecto financiero, administrativo y operacional.

### **Consolidación**

#### **Infraestructura**

Instalación de medidores en tomas conectadas

Equipamiento del taller de medidores para que cuente con refacciones

Rehabilitación de tuberías y tomas domiciliarias

#### **Fortalecimiento Empresarial**

Actualización del padrón de usuarios

Programa de recuperación de rezagos

Programa de asistencia técnica a las diferentes áreas del organismo operador

Programa de Capacitación del Personal



## **Infraestructura de Agua Potable**

Existe poca regularización debido a que parte de las líneas de conducción, de las fuentes de abastecimiento a las obras de regulación, han sido empleadas como líneas de distribución. Por lo anterior muchos tanques no se llenan y han salido de operación.

En la parte alta de la ciudad no se cuenta con tanques de regulación. Esta situación obliga a tener bombes conectados directamente a la red con líneas de diámetros insuficientes y a efectuar operaciones de tandeo.

Dado el crecimiento de la ciudad, la capacidad de conducción de las antiguas tuberías no es suficiente para llevar a cabo una distribución eficiente.

Así mismo, dada la topografía de la ciudad se tienen presiones muy altas en algunas zonas ya que no existen obras para el control de la misma.

## ***CAPITULO III***

### ***PLANEACION TECNICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE***

**3.1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA**

**3.2 ANÁLISIS DE MÁRGENES DE MANIOBRA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SERVICIO Y SU RENTABILIDAD.**

**3.3 MEDIDAS ADICIONALES PARA SATISFACER EL INCREMENTO DE LA DEMANDA.**

**3.4 INTEGRACIÓN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES.**

**3.5 PLAN DE ACCION.**



## **CAPITULO III**

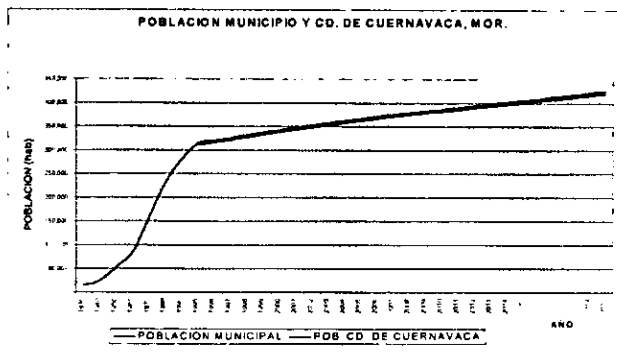
# **PLANEACION TÉCNICA DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE**

### 3.1 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.

#### 3.1.1 Proyección de la Población

Como puede observarse en la tabla siguiente la proyección de la población de la ciudad de Cuernavaca, Mor. Se basó en las proyecciones de población realizadas por la CONAPO para los diferentes municipios del estado.

| Año  | Población Municipal | Población Cuernavaca | Año  | Población Municipal | Población Cuernavaca |
|------|---------------------|----------------------|------|---------------------|----------------------|
| 1930 | 15,102              | 14,917               | 2004 | 362,177             | 357,743              |
| 1940 | 25,666              | 25,352               | 2005 | 366,702             | 362,212              |
| 1950 | 54,925              | 54,253               | 2006 | 371,076             | 366,633              |
| 1960 | 85,620              | 84,572               | 2007 | 375,299             | 370,704              |
| 1970 | 160,804             | 158,835              | 2008 | 379,359             | 374,714              |
| 1980 | 232,355             | 229,510              | 2009 | 383,252             | 378,560              |
| 1990 | 281,294             | 277,850              | 2010 | 386,971             | 382,233              |
| 1995 | 314,951             | 311,095              | 2011 | 390,726             | 385,942              |
| 1996 | 320,801             | 316,873              | 2012 | 394,518             | 389,687              |
| 1997 | 326,494             | 322,497              | 2013 | 398,346             | 393,469              |
| 1998 | 332,023             | 327,958              | 2014 | 402,211             | 397,287              |
| 1999 | 337,398             | 333,267              | 2015 | 406,114             | 401,142              |
| 2000 | 342,632             | 338,437              | 2016 | 410,055             | 405,035              |
| 2001 | 347,731             | 343,474              | 2017 | 414,034             | 408,965              |
| 2002 | 352,689             | 348,371              | 2018 | 418,052             | 412,934              |
| 2003 | 357,507             | 353,130              | 2019 | 422,109             | 416,941              |
|      |                     |                      | 2020 | 426,205             | 420,987              |







### 3.1.2 Proyección de la Demanda de Agua Potable

Si no se emplea un programa de recuperación de caudales y estas se mantienen en 56 % la proyección de la demanda queda como lo indica la siguiente tabla:

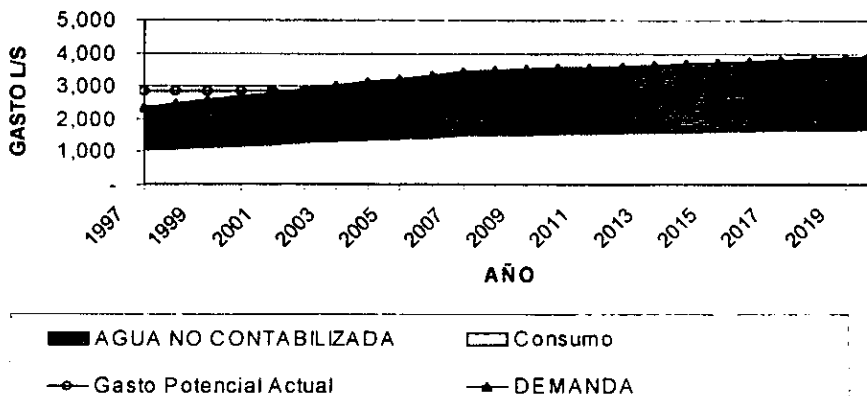
| <b>Año</b> | <b>Población</b> | <b>Cobertura</b> | <b>Consumo</b> | <b>ANC</b> | <b>Demanda</b> |
|------------|------------------|------------------|----------------|------------|----------------|
| 1995       | 311,095          |                  |                |            |                |
| 1996       | 316,873          |                  |                |            |                |
| 1997       | 322,497          | 77.00%           | 1,042.17       | 56%        | 2,359          |
| 1998       | 327,958          | 79.00%           | 1,087.63       | 56%        | 2,472          |
| 1999       | 333,267          | 81.00%           | 1,133.22       | 56%        | 2,575          |
| 2000       | 338,437          | 83.00%           | 1,179.21       | 56%        | 2,680          |
| 2001       | 343,474          | 85.00%           | 1,225.60       | 56%        | 2,785          |
| 2002       | 348,371          | 87.00%           | 1,272.32       | 56%        | 2,892          |
| 2003       | 353,130          | 89.00%           | 1,319.35       | 56%        | 2,999          |
| 2004       | 357,743          | 91.00%           | 1,366.62       | 56%        | 3,106          |
| 2005       | 362,212          | 93.00%           | 1,414.10       | 56%        | 3,214          |
| 2006       | 366,533          | 95.00%           | 1,461.74       | 56%        | 3,322          |
| 2007       | 370,704          | 97.00%           | 1,509.50       | 56%        | 3,431          |
| 2008       | 374,714          | 97.00%           | 1,525.83       | 56%        | 3,468          |
| 2009       | 378,560          | 97.00%           | 1,541.49       | 56%        | 3,503          |
| 2010       | 382,233          | 97.00%           | 1,556.45       | 56%        | 3,537          |
| 2011       | 385,942          | 97.00%           | 1,571.55       | 56%        | 3,572          |
| 2012       | 389,687          | 97.00%           | 1,586.80       | 56%        | 3,606          |
| 2013       | 393,469          | 97.00%           | 1,602.20       | 56%        | 3,641          |
| 2014       | 397,287          | 97.00%           | 1,617.75       | 56%        | 3,677          |
| 2015       | 401,142          | 97.00%           | 1,633.45       | 56%        | 3,712          |
| 2016       | 405,035          | 97.00%           | 1,649.30       | 56%        | 3,748          |
| 2017       | 408,965          | 97.00%           | 1,665.30       | 56%        | 3,785          |
| 2018       | 412,934          | 97.00%           | 1,681.46       | 56%        | 3,822          |
| 2019       | 416,941          | 97.00%           | 1,697.78       | 56%        | 3,859          |
| 2020       | 420,987          | 97.00%           | 1,714.25       | 56%        | 3,896          |

Pero aplicando un programa de recuperación de caudales perdidos la proyección de la demanda se mantiene menor al gasto suministrado actualmente en todo el horizonte de proyecto, es decir con un programa de recuperación de caudales no se necesita ampliar la infraestructura de captación hasta después del año 2020



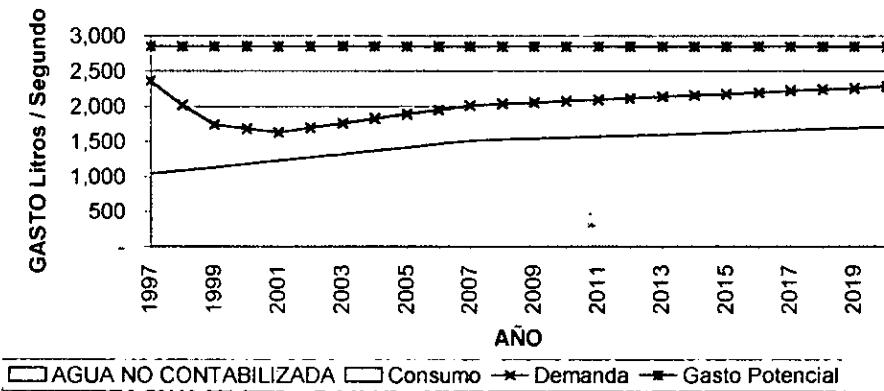
| Año  | Población | Cobertura | Consumo  | ANC | Demanda |
|------|-----------|-----------|----------|-----|---------|
| 1995 | 311,095   |           |          |     |         |
| 1996 | 316,873   |           |          |     |         |
| 1997 | 322,497   | 77.00%    | 1,042.17 | 56% | 2,359   |
| 1998 | 327,958   | 79.00%    | 1,087.63 | 46% | 2,014   |
| 1999 | 333,267   | 81.00%    | 1,133.22 | 35% | 1,743   |
| 2000 | 338,437   | 83.00%    | 1,179.21 | 30% | 1,685   |
| 2001 | 343,474   | 85.00%    | 1,225.60 | 25% | 1,634   |
| 2002 | 348,371   | 87.00%    | 1,272.32 | 25% | 1,696   |
| 2003 | 353,130   | 89.00%    | 1,319.35 | 25% | 1,759   |
| 2004 | 357,743   | 91.00%    | 1,366.62 | 25% | 1,822   |
| 2005 | 362,212   | 93.00%    | 1,414.10 | 25% | 1,885   |
| 2006 | 366,533   | 95.00%    | 1,461.74 | 25% | 1,949   |
| 2007 | 370,704   | 97.00%    | 1,509.50 | 25% | 2,013   |
| 2008 | 374,714   | 97.00%    | 1,525.83 | 25% | 2,034   |
| 2009 | 378,560   | 97.00%    | 1,541.49 | 25% | 2,055   |
| 2010 | 382,233   | 97.00%    | 1,556.45 | 25% | 2,075   |
| 2011 | 385,942   | 97.00%    | 1,571.55 | 25% | 2,095   |
| 2012 | 389,687   | 97.00%    | 1,586.80 | 25% | 2,116   |
| 2013 | 393,469   | 97.00%    | 1,602.20 | 25% | 2,136   |
| 2014 | 397,287   | 97.00%    | 1,617.75 | 25% | 2,157   |
| 2015 | 401,142   | 97.00%    | 1,633.45 | 25% | 2,178   |
| 2016 | 405,035   | 97.00%    | 1,649.30 | 25% | 2,199   |
| 2017 | 408,965   | 97.00%    | 1,665.30 | 25% | 2,220   |
| 2018 | 412,934   | 97.00%    | 1,681.46 | 25% | 2,242   |
| 2019 | 416,941   | 97.00%    | 1,697.78 | 25% | 2,264   |
| 2020 | 420,987   | 97.00%    | 1,714.25 | 25% | 2,286   |

**CURVA OFERTA - DEMANDA DE AGUA POTABLE  
 EN CUERNAVACA, MOR.  
 SIN RECUPERACION DE CAUDALES**





**CURVA OFERTA - DEMANDA DE AGUA POTABLE EN CUERNAVACA, MOR. CON PROGRAMA DE RECUPERACION DE CAUDALES**



**3.2 ANÁLISIS DE MÁRGENES DE MANIOBRA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SERVICIO Y SU RENTABILIDAD.**

Existen diversos aspectos que impactan en forma desfavorable la eficiencia operativa y comercial en la actuación del Organismo Operador.

Actualmente se factura el 52 % de la producción de agua potable en la ciudad por lo que incrementar la relación entre el agua facturada y el agua consumida, sin duda traerá beneficios al sistema, ya que incrementando los usuarios se incrementa la recaudación.

Otro aspecto relevante es la existencia de poca regulación y por consiguiente la existencia de muchos bombeos directos a la red con lo que los costos de operación se elevan.

Es importante actualizar en forma periódica el padrón de usuarios de los servicios de agua potable, puesto que la ciudad ha experimentado el asentamiento de nuevos fraccionamientos, todo ello encaminado a la aplicación de una estructura tarifaria adecuada a los tipos de usuarios.



### 3.2.1 Eficiencia

La eficiencia operativa y comercial del organismo operador se esta dando de manera acentuadamente baja debido al agua no contabilizada por lo que el reducir el nivel de perdidas en el sistema originara que no se tenga que tandeear el agua dado que no se perderá en las redes sino que se repartirá entre los usuarios, por otra parte actualmente el usuario paga un agua que se esta perdiendo por lo que al integrar un programa de recuperación de caudales en el programa de inversiones impactará de manera inmediata en los costos que actualmente el organismo eroga por concepto de energía eléctrica ya que se necesitará bombear menos agua

El considerar que el nivel de pérdidas se reduce gradualmente al 25 % es un número conservador que es factible de obtenerse si se le da un seguimiento a todas las acciones del programa de recuperación de caudales.

### 3.2.2 Estructura tarifaria

La tarifa que un organismo operador cobra por el servicio prestado es la principal fuente de ingresos por lo que la tarifa a aplicar en la Ciudad de Cuernavaca es el principal factor de los recursos captados por el SAPAC, del análisis efectuado en los histogramas de consumo por rango, para cada uno de los tipos de usuarios, domestico, comercial, industrial y gubernamental se eligieron las tarifas a usarse en el análisis ya que dichas tarifas han sido obtenidas en función de la ponderación de consumos que han tenido en los últimos tres años como se muestra en el anexo correspondiente.

Dicha tarifa considera la capacidad de pago de la localidad y esta ubicada abajo del nivel máximo de pago de los usuarios de tal manera que puedan ser factibles de instrumentarse en Cuernavaca, sin que represente un factor que afecte los intereses de los usuarios.

**TARIFAS BIMESTRALES VIGENTES AL**  
**01/01/98**  
**SALARIO MINIMO DIARIO VIGENTE:**  
**\$26.05**

**TARIFA DOMESTICA**

| RANGO      | FACTOR S.M.D.V. | IMPORTE  | A PAGAR              |
|------------|-----------------|----------|----------------------|
| 0-60       | 2.0000          | \$ 52.10 | CUOTA FIJA BIMESTRAL |
| 61-100     | 0.0417          | \$ 1.09  | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 101-150    | 0.0521          | \$ 1.36  | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 151-200    | 0.0651          | \$ 1.70  | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 201-300    | 0.0814          | \$ 2.12  | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 301-2000   | 0.1017          | \$ 2.65  | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 2001-99999 | 0.1271          | \$ 3.31  | POR M3 CONSUMIDOS    |



**TARIFA COMERCIAL**

| RANGO      | FACTOR S.M.D.V. | IMPORTE   | A PAGAR              |
|------------|-----------------|-----------|----------------------|
| 0-60       | 4.0000          | \$ 104.20 | CUOTA FIJA BIMESTRAL |
| 61-100     | 0.0833          | \$ 2.17   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 101-150    | 0.1042          | \$ 2.71   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 151-200    | 0.1302          | \$ 3.39   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 201-300    | 0.1628          | \$ 4.24   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 301-2000   | 0.2034          | \$ 5.30   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 2001-99999 | 0.2543          | \$ 6.62   | POR M3 CONSUMIDOS    |

**TARIFA INDUSTRIAL**

| RANGO      | FACTOR S.M.D.V. | IMPORTE   | A PAGAR              |
|------------|-----------------|-----------|----------------------|
| 0-60       | 6.0000          | \$ 156.30 | CUOTA FIJA BIMESTRAL |
| 61-100     | 0.1251          | \$ 3.26   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 101-150    | 0.1583          | \$ 4.07   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 151-200    | 0.1953          | \$ 50.90  | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 201-2000   | 0.3051          | \$ 7.95   | POR M3 CONSUMIDOS    |
| 2001-99999 | 0.3816          | \$ 9.94   | POR M3 CONSUMIDOS    |

**CARROS - TANQUE**

| IMPORTE | A PAGAR           |
|---------|-------------------|
| \$ 6.00 | POR M3 CONSUMIDOS |

**3.2.3 Productividad**

De acuerdo a los resultados observados en el presente estudio de las funciones del organismo operador el esté tiene como aprovechamientos potenciales dentro del área administrativa el mejoramiento de la recaudación con la depuración de su padrón de usuarios con el incremento de sus tomas registradas ya que es de su conocimiento la existencia de un número importante de tomas clandestinas, por otro lado el mejoramiento operativo esta latente ya que con la instalación de válvulas reductoras de presión se tendrá un doble efecto ya que el nivel de pérdidas físicas se bajará y se podrá racionar el agua de tal forma que se tengan horarios de servicio continuos, aunado a la recuperación de caudales perdidos los cuales son del orden del 56 %, implicaran una reducción del agua no contabilizada y los recursos aplicados en la extracción de los pozos tendrán un aprovechamiento real del agua que se extrae, otra vertiente susceptible de aprovechar de una manera más eficiente es la aplicación de las líneas de conducción como tales sustituyendo las tomas que en este momento se encuentran conectadas a ellas, razón por la cual la eficiencia del bombeo a tanques es baja, originando con ello mayor consumo de electricidad, con la eliminación de bombeos directos a la red se tendrá un uso racional de la regulación existente.



El aumento de productividad operativa de la zona norte se dará con la construcción de dos tanques adicionales los cuales permitirán que el volumen de los pozos de la zona sea regulado por ellos mejorándose operativamente la zona lo cual permitirá que los recursos actualmente demandados sean mejor aprovechados.

### **3.3 MEDIDAS ADICIONALES PARA SATISFACER EL INCREMENTO DE LA DEMANDA.**

Es evidente la necesidad de contar con mayor infraestructura para regulación en el servicio del agua potable, para poder mejorar la operación mediante la construcción de nuevos tanques en la parte alta de la ciudad y la rehabilitación de tanques existentes que por diversas razones han salido de operación. En algunos casos los tanques no funcionan en forma adecuada por que su abastecimiento es insuficiente.

Por otro lado existen líneas de conducción de poco diámetro que debido al crecimiento de la ciudad trabajan actualmente como líneas principales de distribución lo que provoca un deficiente servicio dado que tienen que transportar un mayor volumen de agua y servir grandes áreas, lo que provoca bajas presiones en la red y existencia de prácticas de tandeo.

### **3.4 INTEGRACIÓN DEL PROGRAMA DE INVERSIONES.**

El presente proyecto presenta un programa de inversiones encaminado a fortalecer al SAPAC en todas las áreas tanto Operativas, como administrativas y Comercial, Una necesidad urgente es incrementar el volumen facturado en el servicio para cual se pretende actualizar el padrón de usuarios, llevar a cabo las obras de infraestructura que permitirán en el corto plazo satisfacer de manera aceptable las demandas de los usuarios, se construirán las tuberías necesarias para permitir el uso de los tanques tanto existentes como de proyecto, entre otras acciones del programa de inversiones para SAPAC, todas encausadas al mejoramiento del servicio de agua potable y analizando los esquemas bajo los cuales puede incrementarse la facturación y lograr la rentabilidad operativa del Organismo Operador.

#### **Proyecto de control de Presiones**

Dado que la red de agua potable de la ciudad de Cuernavaca presenta un volumen de fugas del 54% del volumen producido por sus fuentes, es necesario implantar acciones en la Planeación del funcionamiento de la red de distribución, mediante la realización de un modelo de la red a nivel de detalle en el que se analice el funcionamiento con condiciones de presión controladas dado que las presiones altas incrementan el volumen de



fuga, además de que la ciudad no cuenta en la actualidad con válvulas reguladoras de presión

| Válvulas       | Cantidad | P.U.          | Importe                |
|----------------|----------|---------------|------------------------|
| 3"             | 10       | \$ 11,040.00  | \$ 110,400.00          |
| 4"             | 18       | \$ 14,745.00  | \$ 265,410.00          |
| 6"             | 42       | \$ 20,520.00  | \$ 861,840.00          |
| 8"             | 18       | \$ 32,775.00  | \$ 589,950.00          |
| 10"            | 15       | \$ 47,010.00  | \$ 705,150.00          |
| 12"            | 4        | \$ 60,885.00  | \$ 243,540.00          |
| 14"            | 2        | \$ 110,475.00 | \$ 220,950.00          |
| <b>Total =</b> |          |               | <b>\$ 2,997,240.00</b> |

**Inversión:** Las acciones necesarias indican dos vertientes de inversión

Planeación del funcionamiento: **\$ 0.40 M**  
 Válvulas reguladoras de presión : **\$ 3.00 M**

### **Detección y reparación de fugas en tomas domiciliarias**

Del estudio de pérdidas realizado se llego a la conclusión de que el 16.92 % de las tomas presentan una probabilidad de fuga, apoyándonos en la diferencia del volumen producido menos el volumen facturado, o bien en el análisis global de perdidas se llega a que se presentan pérdidas totales del orden del 54 % del volumen producido, las pérdidas en tomas domiciliarias representan 566.10 litros por segundo por lo que se propone:

**Inversión:** Detección de 67728 tomas: **\$ 2.70 M**  
 Reparación de 11,460 tomas con fuga **\$ 11.50 M**

### **Detección y reparación de fugas en la red de distribución**

Como se menciona anteriormente las perdidas totales son del 54.13 % del volumen producido, las pérdidas en red determinadas por el estudio de perdidas nos dan un volumen de 386.1 litros por segundo por lo que se propone para reducir estas fugas:

Detección en los 354.8 kilómetros de red de distribución  
 Reparación estimada de 72 fugas importantes en red de distribución

**Inversión:** Detección de 354.8 kilómetros de red **\$ 1.80 M**  
 Reparación de 72 fugas en red de distribución **\$ 3.60 M**

### **Actualización del padrón de usuarios**

Independientemente de la calidad del padrón actual, el cual no esta depurado por lo que no se tiene confiabilidad; en él se presentan rutas de lectura mal diseñadas y un desconocimiento de la cantidad de tomas clandestinas, por lo que se propone una actualización.

**Inversión** Actualización del padrón de usuarios: **\$ 2.05 M**



### **Estudio Tarifario**

Se necesita que el organismo operador imponga justicia social en la aplicación de las tarifas dado que se paga únicamente considerando rangos de consumo, la gente más necesitada paga lo mismo que los usuarios con más recursos, por lo que se debe diversificar por clase socioeconómica.

**Inversión Estudio tarifario: \$ 0.35 M**

### **Catastro de instalaciones**

Se necesita tener certeza de la información existente en el ámbito de detalle de toda la infraestructura de agua potable, información que actualmente no se posee.

**Inversión Catastro de Instalaciones: \$ 0.62 M**

### **Programa de Operación y Mantenimiento**

Una de las debilidades del SAPAC es la falta de mantenimiento a su infraestructura lo cual se refleja en gastos no programados y más elevados comparados con el mantenimiento periódico de instalaciones y equipos, por otro lado hace falta capacitación en la operación de la red de agua potable lo cual permitiría tener mejor control de la operación y brindar un servicio más eficiente.

**Inversión Programa de Operación y Mantenimiento: \$ 0.65 M**

### **Instalación de Micromedidores**

Actualmente del total de tomas registradas en el SAPAC no se tienen 13, 922 tomas con medidor por lo que para alcanzar una cobertura de micromedición del 100 % se deben instalar micromedidores en las tomas faltantes.

**Inversión Instalación de Micromedidores: \$ 3.50 M**

### **Instalación de Macromedidores**

Actualmente el SAPAC no cuenta con macromedición continua en pozos y tanques si se quiere tener control en los volúmenes producidos y vendidos se debe tener macromedición en pozos, tanques y algunas líneas de distribución importantes.

**Inversión Instalación de Macromedidores: \$ 0.90 M**

### **Programa de Conservación de Fuentes**

Una de las mayores incertidumbres es conocer con certeza el comportamiento del acuífero para aprovecharlo de la mejor manera sin que este recurso sea sobreexplotado o subutilizado por lo que se propone un estudio geohidrológico.

**Inversión Estudio geohidrológico: \$ 0.80 M**





### **Ampliación de infraestructura de Agua potable**

Para seguir aumentando la infraestructura y aumentar la cobertura la cual en 1998 llega a solo el 79 % se debe seguir ampliando el servicio y alcanzar las metas de cobertura propuestas, se debe realizar por año.

**Inversión** Construcción de redes de distribución: **\$ 2.32 M**

### **Programa de Capacitación del Personal**

Se necesita tener al personal mejor preparado para eficientarlo nada mejor que cursos de capacitación para las diferentes tareas, con actualización de herramientas como el manejo de nuevos programas de computadora..

**Inversión** Capacitación del personal: **\$ 0.80 M**

## **3.5 PLAN DE ACCION**

Las inversiones deben realizarse de acuerdo con el cronograma siguiente, además en el anexo de cuadros puede observarse el monto anual y la inversión a la que se destina, así como el cronograma





## **ANEXOS**

**A.1. ESTADÍSTICAS DE FUGAS.**

**A.2. EVALUACIÓN DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS**

**A.3. EVALUACIÓN DE FUGAS EN LA RED**

**A.4. REVISION DE LA INFORMACION BÁSICA**

**A.5. ANALISIS GLOBAL DE PÉRDIDAS**



## ANEXO

### A.1. ESTADÍSTICAS DE FUGAS.

El proyecto de estadísticas de la ocurrencia de fugas es una parte implícita del proceso de control de fugas y esta enfocado a la adquisición, análisis y divulgación de datos producidos durante las reparaciones, evaluaciones y reporte.

A continuación se presenta una breve descripción del tipo de estadística utilizada en México y otros países.

**a) Consumo per cápita.** Se elaboran gráficas con datos del padrón de usuarios, del volumen promedio diario mensual de agua utilizada por los usuarios, considerando periodos mensuales y estimado, por tipo de consumidor y por clase socioeconómica (alta, media, popular y comercial).

**b) Frecuencias de ocurrencias de fugas.** Las estadísticas de ocurrencias de fugas, se pueden expresar como una frecuencia de ocurrencia o como porcentaje relativo al total de eventos registrados a través del tiempo, y permiten examinar las prácticas actuales del registro y las tendencias del Organismo Operador en cuanto a control de fugas, así como para la identificación de los factores que intervienen en la evaluación de fugas en un sistema de distribución. Un resumen de las principales estadísticas de ocurrencia de fugas se pueden elaborar de los registros históricos de reparación de la siguiente manera:

- Fecha de reparación
- Tipo de falla (rotura, rajadura, perforación, etc.)
- Diámetro del tubo
- Material del tubo
- Profundidad del tubo
- Tipo de suelo circundante
- Fecha de instalación
- Ubicación geográfica

**c) Tendencias de fugas.** Con base en los registros históricos de fugas reparadas en la red y tomas domiciliarias, se pueden observar sus tendencias al elaborar y analizar las gráficas siguientes:

- Distribución geográfica de fugas, por intervalos de frecuencias.
- Índice de fugas por tipo de material de la tubería de la red o tomas domiciliarias, expresando como número de fugas al año, o bien, el gasto total de agua pérdida al año.



- Índice de fugas por tipo de elemento donde ocurrió la fuga (en toma domiciliaria, en tubería de red de distribución, en válvulas, etc.), expresada en número de fugas (en el elemento)/km. de tubería (o número total de elementos)/año.
- Porcentaje de fugas reportadas mensualmente al Organismo Operador, menos el porcentaje de fugas reparadas.

Las gráficas de frecuencias (número) de fugas se obtienen por año, considerando el registro disponible. Dichas gráficas permiten observar si las frecuencias de fugas tienden a permanecer constantes, incrementarse o decrecer; en los diferentes sectores de la red, por material de elemento, o por tipo de elemento donde ocurren.

Un análisis permite comparar los estados de fugas año con año y relacionarlas con políticas de reparación y control, para determinar si dichas políticas han sido positivas o no.

### **A.1.1. DIAGNOSTICO DE FUGAS**

Implica la descripción técnica, clara y concisa del estado de fugas, es decir, de los efectos (positivos o negativos), observados en relación a el control de fugas en el sistema de distribución y de los problemas que son el origen de un alto porcentaje de pérdidas por fugas. Este Diagnóstico se basa en un estudio de evaluación de fugas, donde se cuantifican las cantidades de agua pérdidas y sus patrones de ocurrencia; y en la evaluación de los proyectos básicos; las técnicas de detección son utilizadas ampliamente para realizar estas actividades.

### **A.1.2. Técnicas de detección de fugas.**

#### **A.1.2.1. Información básica**

Para la selección y puesta en operación de cada uno de los Distritos Pitométricos, (DP's) se requiere de:

- El plano general de la red de tuberías (plano 5), para poder determinar, por medio de este, las factibilidades de seccionamiento en cada uno de los distritos. Para elegirlos se requiere del procesamiento de la siguiente información a fin de determinar las condiciones homogéneas en cada uno.
  - El plano general de la red por tipo de tubería, el cual incluye cualquier tipo de material de la tubería y de las piezas especiales; esta red de distribución se anexa, si se llegara a dar en plano.



- Plano general de la red de tubería por edad, incluye un listado de las fechas de instalación de la red por colonias, se anexa plano en dado caso que se proporcione.
- El uso del suelo , el cual nos permite identificar a que clase socioeconómica pertenece cada Distrito (Residencial, Media, Popular, Comercial e Industrial), para dar seguimiento al estudio según sea el nivel económico; se anexa plano.
- Para determinar el régimen de presión homogénea de cada uno de estos Distritos, se realiza un sondeo de presiones en distintos puntos, en la llave de jardín de las viviendas con un manómetro tipo Bourdon.
- La disponibilidad del equipo de Pitometría, para realizar el aforo en la tubería de suministro al distrito y conocer el consumo real.

Para conocer la población total correspondiente a cada (Distrito Pitométrico, DP), se realiza un censo en todos y cada uno de los domicilios de este, obteniendo un promedio de habitantes por toma, para después extrapolarlo al total de tomas que se encuentran dentro del mismo y así obtener el total de habitantes.

#### **A.1.2.2. Presión diferencial.**

La existencia y posición de una fuga puede determinarse midiendo la presión a lo largo del conducto que se esta inspeccionando, para establecer con esos valores una gráfica de gradiente. La existencia de una fuga se verifica cuando el gradiente de presión muestra una discontinuidad o cambio hacia ambos lados de la fuga.

Para medir la presión en tuberías generalmente se utilizan manómetros Bourdon, o bien, también pueden utilizarse manómetros diferenciales con un líquido manométrico adecuado.

#### **A.1.2.3. Distritos Pitométricos (Dp's)**

La técnica de Distritos Pitométricos, DP's, consiste básicamente en aislar sectores de la red, donde se realizan mediciones de los volúmenes abastecidos y consumidos por los usuarios de cada sector, durante un periodo de 24 horas como mínimo, para calcular índices de consumo que determinan una mayor o menor incidencia de fugas.

Un Distrito Pitométrico, DP, es un sector de la red de distribución que puede independizarse desde el punto de vista hidráulico, por medio de maniobras en las válvulas de seccionamiento, con la finalidad de realizar estudios de distribución de consumos y de pérdidas por fugas, mediante la medición global de los consumos en dichos sectores

# ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA



## ANEXO

EVALUACION DE PERDIDAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA, MOR.

---

A partir de los datos obtenidos en una medición global (curva de consumo dentro del DP en un día), es posible calcular los consumos e índices siguientes:

**CT** - Consumo total en 24 horas, m<sup>3</sup>/día (área bajo la curva de consumo)

**CHP** - Consumo horario promedio, m<sup>3</sup>/h

$$CHP = CT/24 \text{ horas}$$

**CHM** - Consumo horario máximo, en m<sup>3</sup>/h (área máxima bajo la curva para un intervalo de una hora)

**CMN** - Consumo mínimo nocturno, en m<sup>3</sup>/h (área mínima bajo la curva de consumo para un intervalo de una hora entre las 0:00 y las 5:00 horas del día)

**ICHM** - Índice de consumo horario máximo

$$ICHM = \frac{CHM}{CHP}$$

**ICMN** - Índice de consumo mínimo nocturno

$$ICMN = \frac{CMN}{CHP}$$

**CEP** - Consumo específico promedio, en l/(s\*km)

$$CEP = \frac{CHP}{3.6L}$$

donde:

L = es la longitud de la red o del tramo de red en estudio dentro del DP, en Km.

En sectores con buen funcionamiento y bajo nivel de fugas, el valor de la relación CHM/CMN varía entre 12 y 15.

Al analizar la relación entre el CHP y el consumo "per cápita" promedio diario, es posible observar la densidad de tomas domiciliarias en el DP, así como el padrón socioeconómico de los usuarios.



Si el área en estudio es residencial solamente, y no se registraron irregularidades importantes en el abastecimiento, el índice de consumo mínimo nocturno indica la intensidad de las fugas en el DP, pero si existen grandes consumidores en el DP, también se calcula el Índice de Consumo Nocturno Doméstico, **ICONOD** con:

$$ICONOD = \frac{CMN - cmn}{CHP - chp}$$

donde:

cmn - Consumo horario mínimo nocturno de los grandes consumidores, en m<sup>3</sup>/h

chp - Consumo horario promedio de los grandes consumidores, en m<sup>3</sup>/h

Este índice, ICONOD, sirve para eliminar la influencia de los grandes consumidores en el ICMN, y considerar al primero como índice de fugas más fidedigno en este caso.

Si se ha decidido investigar más a fondo el problema de fugas, se procede a realizar una subdivisión nocturna, que consiste en aislar segmentos de la red, dentro del DP, que permitan medir el consumo mínimo nocturno en cada uno de los segmentos y ubicar así, con más precisión, los niveles de fugas.

El periodo nocturno se refiere al intervalo entre las 0:00 y las 5:00 horas del día, y se asigna "noche" como unidad de medida.

Para analizar los resultados de mediciones entre segmentos de la subdivisión nocturna del DP, se define el siguiente parámetro de comparación, CEL (consumo específico límite nocturno en m<sup>3</sup>/(noche\*m)).

$$CEL = \frac{E \times CMN}{L}$$

donde:

CMN - suma de los consumos nocturnos de los segmentos, en m<sup>3</sup>/noche

L - Longitud de la red dentro del DP, en m.

E - Porcentaje esperado de entrega a los usuarios

$$E = \frac{CMN - p}{CMN}$$





donde:

p - es la pérdida de agua por fugas, estimada previamente, en m<sup>3</sup>/noche

En redes donde no hay almacenamiento domiciliario, se puede tomar E = 0.70 para iniciar el estudio, ajustando el valor posteriormente, con la información obtenida.

El Consumo Específico Nocturno de cada segmento, CEN, se calcula con:

$$CEN = \frac{CN}{L}$$

donde:

CN - es el Consumo Nocturno del segmento en m<sup>3</sup>/noche y

L - la longitud del segmento en m.

Si en algún segmento, el consumo específico nocturno es mayor que el consumo específico límite nocturno, entonces hay consumo alto en ese segmento, el cual puede deberse a que existe consumo industrial o en fugas de la red y/o en las conexiones domiciliarias.

En el caso de que CEN > CEL, entonces se procede a la localización de las fugas.

#### **A.1.2.4. Trazadores**

La técnica con trazadores consiste en introducir a un tramo de la tubería una sustancia denominada trazador (que es inocua, inodora, sin sabor y fácilmente detectable en pequeñas cantidades): por ejemplo óxido nitroso. Una vez que todo el tramo contiene trazador, se presuriza a 5 Kg/cm<sup>2</sup>. Cuando el agua contiene el trazador se fuga de la tubería, regresa a la presión atmosférica y se separa de la solución. Entonces se efectúan huecos de sondeo a lo largo del tramo y se muestra el aire dentro de los mismos con un analizador. En el hueco donde se detecte el trazador se localizará la fuga de agua.

#### **A.1.3. Evaluación de fugas.**

La evaluación de fugas se realiza mediante una metodología probada en el país, que permite estimar, con suficiente aproximación, la cantidad de agua pérdida debido a fugas existentes en el sistema de distribución, así como también las variables físicas y de

## ANEXO

EVALUACION DE PERDIDAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA, MOR.

---



operación asociadas a dichas fugas, con lo cual se determinan los efectos y causas del problema.

Esta metodología consiste en calcular, por una parte, el volumen total de fugas domiciliarias, utilizando resultados obtenidos en campo (inspección de tomas y aforo de fugas en tomas), y por otra parte, con la medición de consumos en una muestra de Distritos Pitométricos, DP, se estima el volumen de fugas en las tuberías de la red, calculado como la diferencia entre el volumen entregado y el consumido por los usuarios y por las fugas en tomas. A continuación se exponen estas dos partes con más detalle.



## ANEXO 2

### A.2. EVALUACIÓN DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS

El volúmen de agua potable que se pierde por fugas en tomas domiciliarias se estima a partir del estudio de dos muestras representativas, cuyo tamaño se determinará aplicando la teoría de muestreo aleatorio estratificado, para:

a).- Calcular los porcentajes de tomas con fugas en cada estrato o sector del sistema de distribución, mediante la inspección y determinación de la ocurrencia de fugas en tomas seleccionadas aleatoriamente, y

b).- Determinar el gasto promedio que se pierde en tomas con fuga, también seleccionadas aleatoriamente, lo cual se logra con la excavación y aforo de las fugas, y además, reportar las variables físicas que pueden ser la causa de su aparición. Con dicho gasto se calcula el volúmen total perdido.

También se puede realizar el estudio de evaluación de fugas en tomas domiciliarias, realizando el censo de todas las tomas domiciliarias del Distrito Pitométrico y poder obtener un dato más preciso, y así poder determinar un gasto promedio de fugas de todos los DP.

El tamaño inicial de la muestra para inspección de tomas  $n_0$ , se calcula con:

$$N_0 = (Z_c^2 / Nd^2) [ \sum N_i P_i (100 - P_i) ] \quad (1)$$

donde:

$Z_c$  = Abscisa de la curva normal de probabilidad para un porcentaje de nivel de confianza

$N$  = Número total de tomas domiciliarias de la población

$d$  = Error en la estimación, en porcentaje

$N_i$  = Número total de tomas en cada estrato  $i$

$P_i$  = Porcentaje de ocurrencia de fugas por estrato  $i$



La aplicación de dicha ecuación no es simple y conviene exponer algunas observaciones y comentarios prácticos para su utilización.

El **valor de  $Z_c$**  se obtiene de una tabla de probabilidad normal, para la cual se necesita un cierto nivel de confianza, que significa, que al elegir una muestra del total de las tomas domiciliarias, existirá una probabilidad de esa magnitud de que esa muestra sea representativa de dicha población.

El **error en la estimación  $d$** , representa el valor máximo positivo o negativo, que diferirá el valor del porcentaje de fugas obtenido estadísticamente del valor real; a menor error en la estimación, el valor real es más cercano estadísticamente, y viceversa.

Los **estratos  $i$** , corresponden a una sectorización en zonas de presión homogéneas (que no difiere de un punto a otro en más de 100%) del sistema de distribución de agua potable.

El **porcentaje ocurrencia de fugas  $P_i$** , es el número de fugas en tomas domiciliarias, que ocurren en un determinado estrato, entre número total de conexiones de este estrato.

Obviamente, mientras mayor sea el **nivel de confianza**, los resultados serán más representativos pero también implicará un número más grande de tomas por inspeccionar y por consiguiente un costo más elevado. Y análogamente, cuanto menor sea el error en la estimación, el valor obtenido de las mediciones tenderá más al valor real, con la misma implicación antes mencionada.

De la experiencia lograda en los estudios de pérdidas hechos por el IMTA, se observa que un **nivel de confianza del 95%** y un **error en la estimación del 5%** arroja buenos resultados.

El tamaño de la muestra total  $n_0$ , debe distribuirse entre los estratos de la población considerados en la ecuación, proporcionalmente al número de tomas domiciliarias que contienen cada uno de ellos. Posiblemente, en algunos resultará un valor de tomas domiciliarias por inspeccionar inferior a 30 (mínimo para asegurar una muestra como representativa). En estos casos el valor calculándose incrementará a este número mínimo, y por consiguiente aumentará el tamaño de la muestra total.

El **Porcentaje de fugas** puede obtenerse de los registros mensuales de fugas, de una encuesta o simplemente suponerse en un rango de 25%, común en México. Este porcentaje se revisará y ajustará, en su caso, con los resultados que se vayan obteniendo de las inspecciones en campo.

Desde luego que se logrará una mayor representatividad si se aumenta el número de sectores, haciendo divisiones dentro de ellos, pero habrá que hacer una evaluación del costo por esta decisión.



En poblaciones pequeñas existe una corrección del tamaño de la muestra definida por la siguiente ecuación:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

La selección de los usuarios que conforman la muestra se elige del padrón de usuarios con una tabla de números aleatorios, apuntando para cada uno su domicilio y sector.

Como se mencionó, durante los trabajos de inspección habrá que aforar las tomas que presenten fugas, para determinar el gasto promedio de fuga en estas conexiones dañadas; pero este número de tomas no será suficiente, por lo que se deben complementar los aforos con otras fugas reportadas por el organismo operador del sistema hasta obtener una muestra cuyo tamaño se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$n_a = \frac{(Z_c^2 \times S_q^2)}{d^2}$$

$$S_q^2 = \frac{\sum (q_i - q_{prom})^2}{(N_m - 1)}$$

donde:

$S_q^2$  = Varianza del gasto promedio de fuga en tomas domiciliarias, ml/s<sup>2</sup>

d = error en la estimación, ml/s

$q_i$  = Gasto de cada y fugas aforadas, ml/s

$q_{prom}$  = Gasto promedio de fuga, ml/s

$N_m$  = Número de fugas aforadas

Se observa que esta ecuación es una variante de la primera descrita, pero aquí interviene la media y la desviación estándar del gasto en lugar de la proporción, cosa explicable si se refleja que el resultado del gasto de fuga que se busca, es cuantificable, y tiene dimensiones.



Al aplicar las ecuaciones anteriormente expuestas se obtuvo la muestra para el caso específico de Cuernavaca obteniendo lo siguiente. Cabe mencionar que para este estudio se respetaron los cinco sectores con los que opera actualmente el organismo con la finalidad de no inferir en su programa de operación.

Esta muestra, al igual que la de inspección, debe revisarse y ajustarse, en su caso, con los datos que se vayan obteniendo de las mediciones en campo.

### A.2.1. Aforo de las fugas

La revisión del tamaño de la muestra de aforo de fugas, se realiza conforme se obtengan los gastos de fugas en tomas domiciliarias, se procede a evaluar el tamaño de la muestra para aforo de fugas utilizando las siguientes expresiones:

$$S_q^2 = \frac{\sum (q_i - q)^2}{n - 1}$$

$$N_o = \frac{4S_q^2}{d^2}$$

Donde:

$q_i$  = gasto de cada una de las fugas aforadas

$q$  = gasto medio de la muestra de fugas recopilada en campo, en l.p.s.

$N$  = número de fugas aforadas

$d$  = error en la estimación, de 3.5%

$n_o$  = tamaño de la muestra de fugas por aforar

#### A.2.1.1. Cálculos:

El **gasto de fuga  $Q_f$**  está calculado con la siguiente expresión:

$$Q_f = \frac{q_{i1} + q_{i2} + q_{i3}}{3} \cdot 3$$

o bien

$$Q_f = Q_j - Q_i$$



donde:

$q_{j1}$ ,  $q_{j2}$ ,  $q_{j3}$  = son gastos aforados una vez sellada la fuga

$q_{i1}$ ,  $q_{i2}$ ,  $q_{i3}$  = gastos aforados sin sellar la fuga y sin excavar

Entonces el error final de la medición de fuga es:

$$e_{fuga} = \sqrt{Q_f^2}$$

En mediciones variables hidráulicas, se pueden considerar como un buen resultado aquél que tiene un error menor o igual al 5% y aceptable si es menor a 10%. Es recomendable que todos los valores que estén por debajo del error permisible, se analicen inmediatamente después de cada medición, a fin de no volver a repetir el evento. De forma general es recomendable realizar las mediciones aleatoriamente, ya que se evitarán las tendencias instrumentales, naturales y humanas.

Con los datos de campo de todas las tomas inspeccionadas, se determinan por sector los **porcentajes de tomas en las que se detecta ocurrencia de fuga**.

Después, **estos valores se extrapolan hacia el total de tomas domiciliarias en cada sector**, multiplicando los porcentajes de tomas con fuga determinados con la muestra, por el número de tomas dentro del sector correspondiente.

Con los gastos promedios de fugas, el número de tomas con fuga y el programa de tandeos en la red (distribución semanal por zonas o colonias), **se calcula el volumen de agua o el gasto total que se pierde por fugas** en tomas domiciliarias.

Los gastos de fuga resultantes del aforo en tomas, se promedian por sector, y cada uno de los valores promedio se multiplican por el número total de tomas que tienen fuga en ese sector, **obteniéndose con ello el gasto total de fuga de cada sector**. Al sumar los gastos totales de los sectores se obtiene el gasto perdido en todo el sistema.

Sin embargo, el resultado anterior supone que el sistema tiene un servicio continuo de abastecimiento; es decir, que no existen tandeos para los usuarios. **Si el suministro es discontinuo en algunas zonas del sistema de distribución, entonces el valor de las pérdidas por fuga en tomas domiciliarias debe calcularse considerando sólo las horas de suministro**. En este último caso, el gasto total de fugas se calcula, multiplicando los gastos totales de fuga de cada sector, el número de horas que tienen agua a la semana (siete días), dividido entre 168 horas



## ANEXO 3

### A.3. EVALUACIÓN DE FUGAS EN LA RED

Para llevar a cabo la estimación de fugas en la red, primero se seleccionan sectores denominados Distritos Pitométricos, DP, de acuerdo con el siguiente criterio de muestreo:

- a).- Se divide a la población en cuatro niveles socioeconómicos (alto, medio, popular y comercial); es decir, en cuatro sectores que representan características homogéneas respecto al consumo de agua.
- b).- Cada uno de los niveles anteriores se subdividen en subzonas homogéneas, respecto a la ocurrencia anual de fugas en líneas principales y secundarias de la red, según los rangos siguientes:

subzona 1 - 0 a 10%

subzona 2 - 11 a 20%

subzona 3 - 21 a 30%

subzona 4 - 31 a 40%

subzona 5 - 51 a 50%

Los porcentajes se calculan dividiendo la cantidad de fugas ocurridas en las subzonas, entre el número total de fugas registradas en un año en el nivel socioeconómico en cuestión.

Esto es, un nivel socioeconómico puede quedar subdividido en uno, dos, tres, cuatro o cinco subzonas, dependiendo de la variabilidad en la ocurrencia de fugas en que se observe.

La evaluación del gasto por fugas en la red de distribución se lleva a cabo mediante la técnica de Distritos Pitométricos (DPs), la cual consiste en aislar sectores del sistema de distribución con el objetivo de efectuar un balance entre las componentes de entrada y salida de este microsistema. La expresión básica del balance es:

$$V_f = CT - VC - V_{fd}$$

Donde:

$V_f$  = volumen de fugas en la red

CT = volumen entregado al Distrito Pitométrico

VC = volumen real consumido en el DP

$V_{fd}$  = volumen de fuga en tomas domiciliarias en el DP





Para conocer el consumo *per-capita* y el total consumido por el Distrito, (VC), se requirió hacer un estudio de consumos, mediante la instalación y lecturas semanales de micromedidores calibrados en cada distrito, además de realizar el censo de las viviendas incluidas en cada distrito, para conocer el índice de hacinamiento real.

El gasto por fugas en tomas domiciliarias ( $V_{fd}$ ), se obtiene mediante el producto del porcentaje de tomas con fuga, el gasto promedio de fuga por toma de la zona catastral en donde se ubica el DP y el número de tomas que integra la misma.

Se deberá hacer la corrección para poblaciones pequeñas, mediante un cálculo similar al realizarlo con la ecuación por porcentajes de fugas, obteniendo así la extensión total de todos los D.P. corregida (k). También esta extensión total deberá distribuirse proporcionalmente al número de tramos inferior a 30, deberá considerarse este valor como un mínimo en la selección del DP correspondiente.

### **A.3.1. Sondeos de presión en los Distritos Pitométricos**

Los sondeos de presión en los DPs se efectuaron para definir las zonas de abastecimiento homogéneas y puntos críticos de presión en el interior de los mismos. Para desarrollar esta etapa se tomaron una serie de medidas de presión en las llaves de viviendas con un manómetro tipo Bourdon, comprobando la homogeneidad de las mismas, ya que los DP's se abastecen de una sola línea de alimentación.

Para tener una mejor apreciación de la red de agua potable y del funcionamiento de las válvulas limitrofes, el personal del Organismo Operador realizó un levantamiento físico de todas las cajas de válvulas existentes en la red de agua potable de cada DP.

El aislamiento de los Distritos Pitométricos en algunos cruceros, consistió en cerrar las válvulas de paso, y las válvulas limitrofes se ajustaron para que la compuerta pudiera realizar su buen funcionamiento, posteriormente se procedió a realizar una prueba de cierre de Distritos, el cual consiste en tomar la presión en los sitios antes mencionados, asegurándose que la presión disminuya notablemente, hasta registrar una presión nula, al cabo de un tiempo razonable, y así quedar vacía la red.

### **A.3.2. Medición global de consumo**

Una vez localizada la tubería de alimentación al Distrito Pitométrico se procedió a colocar una válvula de inserción de 1" por medio de una maquina insercionadora "MULLER", en la cual se apoya el equipo de Pitometría para hacer el aforo instantáneo del gasto que pasa por la tubería.



Se describe a continuación el procedimiento para realizar el cálculo para cada distrito, considerando los factores de corrección asociados a cada estación Pitométrica:

$$Q = F_v \cdot C_o \cdot C_i \cdot C_p \cdot A \cdot V_c$$

Donde :

Q = gasto, en m<sup>3</sup>/s.

F<sub>v</sub> = factor de velocidad

C<sub>o</sub> = factor de corrección del diámetro (diam. real / diam. nominal)

C<sub>i</sub> = corrección por intrusión de la válvula de inserción (tablas del manual de aforo pitot)

A = área nominal de la tubería

V<sub>c</sub> = velocidad central (m/s)

$$V_c = ((2 \cdot g \cdot h \cdot (d - 1))^{0.5})$$

C = coeficiente del tubo de pitot (0.802)

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

h = diferencia de presión marcada en el manómetro diferencial

d = densidad del líquido manométrico

Las características antes mencionadas y la medición del consumo cada 15 min. Y global de cada uno de los Distritos Pitométricos, se incluyen los cuadros de consumo donde se muestran las características principales de cada DP.

### **A.3.3. Determinación del volumen perdido en los Distritos Pitométricos**

Los resultados del volumen perdido en los DP's, se obtienen de la información de campo relativa a las pérdidas por fugas en las redes de agua potable, aplicando la ecuación de balance:

$$V_{fr} = CT - VC - V_{fd}$$

Con base en los volúmenes entregados, CT, los cuales se muestran en la tercera columna de la tabla 2.3 para cada uno de los DP's, se obtienen los porcentajes de pérdidas en la red, (%PR), los cuales se muestran en la penúltima columna de esta tabla.

Para calcular el volumen consumido por los usuarios, se tomaron en cuenta los Consumos Percápita Domiciliarios Reales (CPDR) y el número de habitantes en cada uno de los Distritos Pitométricos.



Después de seleccionar los DP, se verifica la ubicación y estado de las válvulas limitrofes de cada DP, reportando a los responsables del mantenimiento cuales deberán de ser rehabilitadas.

Posteriormente, se verifica el aislamiento y se comprueba que en la red interna y en la externa al Distrito se tengan buenas condiciones de presión para su abastecimiento, con el fin de no afectar el servicio a los usuarios. Así mismo, se confirma que la dirección del flujo se hace dentro del Distrito, en el punto donde se instalará la Estación de Aforo, EA; para medir el gasto abastecido. Es recomendable que 48 horas antes de realizar la medición de consumo global, se cierre el DP y sea abastecido en forma continua sólo por el punto donde se haya instalado la estación de aforo, para asegurar un suministro normal del sector.

1. A continuación, se procede a medir el caudal de ingreso al DP durante 24 horas con el aparato Muller, tomando lecturas instantáneas, directamente con un registrador continuo de gasto.
2. Paralelamente a las actividades antes mencionadas, se determina el consumo domestico "per cápita" promedio diario, a partir de lecturas y registro del volumen consumido semanalmente durante un mes por una muestra representativa de usuarios, en cuyos domicilios se instalan micromedidores previamente calibrados. En el caso de que no se instalen micromedidores, será porque en los DP se registrarán los volúmenes de agua consumidos de todas las tomas que lo abarcan.
3. Así mismo, se realiza un censo para obtener el número de habitantes en todos los domicilios comprendidos dentro del sector en estudio. Es necesario garantizar que la medición global de consumos en cada DP, se lleve a cabo durante el mismo período en el que se realizan las lecturas de consumo en micromedidores.
4. Con estos datos, el consumo doméstico "per cápita" promedio diario (en lts/hab\*día), Cpd se obtiene sumando los volúmenes semanales consumidos durante el mes y dividiendo la suma entre el número total de días de lectura en el mes y este resultado, entre el número total de habitantes.
5. Finalmente, se determinan los índices de Consumo Mínimo Nocturno, ICMN, tomando como referencia el consumo horario promedio; CHP. Este consumo horario promedio es el resultado de dividir el volumen total abastecido, CT, entre el período total de tiempo T (en min) en que se realizó la medición. El ICMN se obtiene en porcentaje al dividir el volumen horario mínimo consumo entre las 0:00 hrs. y las 5:0 hrs. del día, MCN, entre el CHP:  
Estos índices de consumo mínimo nocturno son indicadores de los niveles de pérdidas que existen en los DP's. En una área bien abastecida, normalmente los consumos domésticos entre las 0:00 y las 5:00hrs., son aproximadamente cero. Sin embargo, cuando esto ocurre, es decir, cuando los consumos después de las 0:00 hrs. continúan hasta llegar a un valor mínimo, se puede sospechar que hay una extracción irregular en la red.



El seguimiento del ICMN a través del tiempo puede ayudar a identificar al tendencia al aumento o reducción de las pérdidas de agua por fugas. En la práctica, un valor del ICMN al 20% puede representar un alto grado de fugas. Cuando se excede este porcentaje, es conveniente realizar investigaciones más profundas sobre las causas de dichos niveles de fugas.

Así mismo se calcula el volumen de fugas en la red,  $V_{fr}$ , restando el volumen abastecido, CT, el volumen consumido por los usuarios, VC, durante las 24 hrs. en el DP, obteniendo así el volumen total de fugas,  $V_f$ ; si a este valor se le resta el volumen de fugas en tomas domiciliarias,  $V_{fd}$ , entonces se obtiene el volumen de pérdidas por fugas de red,  $V_{fr}$ , el volumen consumido VC se calcula multiplicando el número de habitantes de todo el sector, por el consumo doméstico "per cápita" promedio diario,  $C_{pd}$

#### **A.3.4. Patrones de ocurrencia de fugas**

Los patrones de ocurrencia de fugas se refieren a la ocurrencia con que se presentan determinadas variables físicas identificadas como causas que producen o favorecen la existencia de fugas.

Al igual que en el caso de las tendencias, las gráficas facilitan el análisis y determinación de causas que producen fugas, se recomienda elaborar las siguientes, con el mismo intervalo de tiempo:

- a).- Porcentaje de fugas por diámetro de tubería
- b).- Porcentaje de fugas por tipo de material de tubería.
- c).- Porcentaje de fugas por tipo de suelo donde se encuentra instalado el elemento.
- d).- Porcentaje de fugas por ubicación del elemento.
- e).- Porcentaje de fugas por tipo de falla

#### **A.3.5. Técnicas de reparación de fugas**

La reparación de fugas puede llevarse a cabo de dos formas: mediante rehabilitación del elemento dañado observando las especificaciones de instalación de materiales, o mediante la sustitución del tramo dañado. La decisión de reemplazar (rehabilitación), o reparar las tuberías o componentes del sistema, se basa en considerar factores como: presiones en la red, tipo del terreno, vida útil de la tubería, tipo de calidad del material, diseño inadecuado, el factor de rugosidad de la tubería, operación de la red y los programas de mantenimiento. Los registros históricos de fugas también se emplean en esta decisión.



### A.3.5.1. Elementos de decisión para el reemplazo o rehabilitación de tuberías.

- El criterio para el reemplazo o rehabilitación debe considerar lo siguiente:
  - Estadísticas de daños
  - Estudios de corrosión
  - Experiencia en la reparación de daños
  - Funcionamiento hidráulico de la red
- Un reemplazo es justificado cuando se tienen niveles elevados de:
  - Frecuencia de datos
  - Corrosión externa en las tuberías, tomas y piezas especiales
  - Costos elevados de reparación de daños
  - Daños severos en la red principal
- Una reparación es justificada cuando existe:
  - Baja presión significativa en la línea
  - Daños locales pequeños en red principal y en tomas domiciliarias
  - Baja frecuencia de daños

### A.3.6. Evaluación de pérdidas totales por fugas

Para conocer el valor total de las pérdidas, es necesario extrapolar los resultados obtenidos en el análisis de los Distritos Pitométricos al total de las zonas catastrales de la ciudad de Cuernavaca, Morelos.

La metodología que se aborda en este caso es la siguiente:

- Se tiene en los Distritos el registro entregado (CT), medidos en las estaciones Pitométricas, así como el volumen consumido por los usuarios (VC), definido con base en el estudio de consumos realizados. De esta manera, la diferencia entre estos dos rubros indica la magnitud del volumen total de pérdidas que tiene lugar en las tomas domiciliarias ( $V_{fd}$ ) y en la red ( $V_{fr}$ ). Para una mayor comprensión la siguiente ecuación siguiente se expresa en términos de gastos:

$$Q_{tf} = Q_T - Q_C$$



Donde:

QT = gasto proporcionado al Distrito, en l.p.s.

QC = gasto consumido por los usuarios, en l.p.s.

Qtf = gasto total de fuga, en l.p.s.

Se conoce el porcentaje de tomas domiciliarias que presentan fugas, al igual que los gastos promedio de fuga por toma y sus totales por zona, con lo cual se puede conocer el índice de pérdida total por toma (I), según indica la siguiente expresión:

$$I = Q_{ft}/N^{\circ} \text{ de tomas con fuga}$$

Donde:

I = índice de pérdidas totales (l/s/toma)

El número de tomas con fuga se obtiene mediante el producto de tomas existentes y el porcentaje de probables fugas de las mismas. El índice I se considera que tiene dos componentes, el gasto medio de pérdida por toma (Qmf) y el correspondiente a la red (Qfr), por lo que este último está dado por la expresión siguiente:

$$Q_{fr} = I - Q_{mf}$$

Conocido Qfr, es posible estimar la proporción (P) que guardan los gastos de fuga unitario en las tomas y en la red, según la siguiente expresión:

$$P = (Q_{fr}/Q_{mf}) * 100$$

Con el procedimiento descrito, es posible obtener las proporciones que guardan los dos componentes del gasto de fuga en cada Distrito. De esta manera, extrapolar los valores obtenidos en los Distritos a cada una de las 4 zonas catastrales, resulta un procedimiento sencillo, ya que basta multiplicar el gasto total de fuga en tomas domiciliarias, asignando a cada una en particular, por el porcentaje (P) correspondiente, obtenido de acuerdo con la caracterización realizada, la misma que fue llevada a cabo tomando en cuenta la distribución de las zonas.



En las siguientes paginas se resume la aplicación del procedimiento descrito sobre los Distritos Pitométricos en el área metropolitana de Cuernavaca. Cabe mencionar que la caracterización en el párrafo anterior pude ser realizada considerando la edad de las redes de tubería.

A continuación se presentan los **resultados que se obtuvieron en la cd. de Cuernavaca, Morelos, y la metodología que se utilizó para la obtención de los resultados:**



## **ANEXO 4**

### **A.4. REVISION DE LA INFORMACION BÁSICA**

La Ciudad de Cuernavaca se dividió en sectores socioeconómicos, a fin de que las condiciones de consumo sean similares entre los usuarios (residencial, media, popular, comercial e industrial), posteriormente se utilizó el plano de la red de agua potable, se busco que las zonas a aislar tuvieran el menor número de entradas y salidas, otro aspecto que se requería es que las zonas contaran con servicio las 24 horas del día.

Otro de los aspectos cuidados fueron los datos proporcionados por el organismo operador, en relación a la edad de las tuberías, ya que como sucede en otras poblaciones el centro ocupa las tuberías más antiguas y las periferias las tuberías más nuevas.

Se determinaron las presiones medias en los sectores hidráulicos para la ciudad de Cuernavaca, y se revisaron las presiones en los Distritos Pitométricos ya que se presentan diversas presiones en la red, esto se debe a la topografía de la ciudad; hay zonas que su presión oscila entre 0.5 hasta mayor a 7 kg/cm<sup>2</sup> en tramos relativamente cortos.

#### **A.4.1. Evaluación de fugas en la red**

La evaluación del gasto por fugas en la red de distribución se llevó a cabo mediante la técnica de Distritos Pitométricos, la cual consiste en aislar sectores del sistema de distribución con el objetivo de efectuar un balance entre las componentes de entrada y salida de este sector de la red de distribución.

Para efectuar este calculo se establecieron 4 Distritos Pitométricos, los cuales son representativos de las zonas socioeconómicas: Residencial, Media, Baja y Comercial, se hace la aclaración que Cuernavaca no tiene en su municipio una zona industrial propiamente, ya que esta se ubica en el municipio de Jiutepec, conocida como CIVAC (Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca).

El volumen de agua entregado a los Distritos Pitométricos, se obtuvo por medio de aforos realizados con equipo de Pitometría se instalaron registradores de gasto continuo, los cuales funcionaron las 24 hrs durante 7 días continuos.

Para conocer el consumo *per-capita* y el total consumido por el Distrito, (VC), se requirió hacer un estudio de consumos, mediante la instalación y lecturas de una muestra de micromedidores calibrados en cada distrito, además de realizar el censo de las viviendas incluidas en cada distrito, para conocer el índice de hacinamiento real. Se obtuvo el gasto por fugas en tomas domiciliarias.





#### A.4.1.1. Información básica

Para la selección y puesta en operación de cada uno de los DPs, se requirió de:

- El plano general de la red de tuberías para poder determinar el cierre en cada uno de los distritos.
- El plano de sectores socioeconómicos y así poder clasificarla en zonas: comercial, industrial, domestico, para poder saber a cual pertenece cada Distrito,
- Para determinar el régimen de presión homogénea de cada uno de estos distritos, se realizó un sondeo de presiones en distintos puntos, en la llave de nariz de las viviendas con un manómetro tipo Bourdon.
- La disponibilidad del equipo de Pitometría, para realizar los aforos en las tuberías de suministro a los distritos y conocer los consumos reales.

Para conocer la población total correspondiente a cada Distrito Pitométrico se realizó un censo en todos y cada uno de los domicilios de este, obteniendo un promedio de habitantes por toma, para después extrapolarlo al total de tomas que se encuentran dentro del mismo y así obtener el total de habitantes.

#### A.4.1.2. Selección y diseño de Distritos Pitométricos

Tomando como base la información técnica proporcionada por el Organismo Operador, y realizando recorridos en los Distritos Pitométricos propuestos con personal del Organismo Operador, se seleccionaron los 4 Distritos definitivos, cumpliendo las características tanto socioeconómicas y factibilidad de aislarse por medio de válvulas limitrofes, se anexan planos de cada distrito.

Los elementos esenciales que se consideraron para la elección de los Distritos Pitométricos son los siguientes: Características del nivel socioeconómico para el uso doméstico, Residencial, Media, Popular, además se eligió uno de zona Comercial.

La presión en el Distrito debe ser aproximadamente la misma (régimen de presión constante), para lo cual en la mayoría se seccionaron mediante cierre de válvulas, con lo que se asegura el seccionamiento de la red. Así mismo, se identifica en planos de los Distritos Pitométricos, tanto el sentido del flujo, la ubicación de las válvulas limitrofes y las características de la red.

También se tomaron en cuenta las actividades necesarias para la instalación de los equipos de medición y excavación de zanjas en puntos fuera de interferencias como cambios de dirección, con el fin de instalar la válvula de tipo Muller, el tubo Pitot y el registrador gráfico, en algunos puntos se tuvieron que instalar cajas provisionales para proteger el equipo y que la medición no se viera alterada por factores externos.



## **A.4.2. DISTRITOS PITOMÉTRICOS**

### **Distrito Jardines de Cuernavaca**

Este circuito se encuentra enclavado en la zona sur-oriente en la colonia Jardines de Cuernavaca, en el municipio de Cuernavaca, se localizada en el sector hidráulico 4, este Distrito pertenece a la zona socioeconómica alta. La medición del Distrito se realizó en la tubería que sale del pozo jardines de Cuernavaca el cual se ubica en la calle Sol entre la privada Plutón y la calle Mercurio; ver plano 7 del Distrito Pitométrico.

La tubería de alimentación al Distrito es de asbesto cemento de 6" de diámetro  
Número de habitantes en el Distrito. **2,189** hab.  
Número de tomas en el Distrito. **555** tomas  
Índice de hacinamiento **4** hab/toma

### **Distrito Cuauhnáhuac**

Este Distrito se encuentra limitado por la Av. Cuernavaca, entre la Av. Central y la calle Miguel Hidalgo, hasta la calle Lagunas de Zempoala, cuenta con servicio las 24 horas, pertenece a la zona socioeconómica media y esta ubicado en el sector hidráulico 3; ver plano 8 del Distrito Pitométrico.

La tubería de alimentación al Distrito es de 4" de diámetro  
Número de habitantes en el Distrito. **610** HAB.  
Número de tomas en el Distrito **144** tomas  
Índice de hacinamiento **5** hab/toma

### **Distrito Chipitlan**

Este Distrito se encuentra localizado en la col. Los pilares, limitada entre el panteón de La Paz y el Rio del Pollo, en este distrito se localizan dos tanques con un rebombeo, además de que cuenta con servicio de agua durante las 24 hrs, pertenece a la zona socioeconómica popular y esta registrado en el sector hidráulico 2; ver plano 9 del Distrito Pitométrico.

La tubería de alimentación a la red del distrito es de 4" de diámetro nominal  
Número de habitantes en el Distrito. **391** hab  
Número de tomas en el Distrito **94** tomas  
Índice de hacinamiento **4** hab/toma



## **Distrito Zapata**

Este Distrito pertenece a la zona comercial, ubicado al poniente de la Av. Emiliano Zapata, limitado entre la Av. Manuel Avila Camacho y Cjon. Tlaltenango, al sur del sector 1; este sector cuenta con servicio de agua de aproximadamente 5hrs., de 5:00 a 10:00 a.m.; ver 10 plano.

La tubería de alimentación a la red de este Distrito es de 6" de diámetro  
Numero de tomas en el distrito. 23 Tomas

### **A.4.2.1. Sondeos de presión en los Distritos Pitométricos**

Los sondeos de presión en los Distrito Pitométricos se efectuaron para definir las zonas de abastecimiento homogéneas y determinar con precisión los límites del Distrito Pitométrico, los puntos críticos de presión en el interior del Distrito hasta los puntos mas elevados y de mayor presión de los mismos. Para desarrollar esta etapa se tomaron una serie de medidas de presión en las llaves de nariz de las viviendas con manómetros tipo Bourdon, comprobando la homogeneidad de las mismas, ya que los Distritos Pitométricos se abastecen de una sola línea de alimentación.

Para tener una mejor apreciación de la red de agua potable y del funcionamiento de las válvulas limitrofes, el personal realizó un levantamiento físico de todas las cajas de válvulas existentes en la red de agua potable de cada Distrito Pitométrico.

El aislamiento de los Distritos Pitométricos en algunos cruceros, consistió en cerrar las válvulas de paso, y las válvulas limitrofes se ajustaron para que la compuerta pudiera realizar su buen funcionamiento, posteriormente se procedió a realizar una prueba de cierre de Distritos, el cual consiste en tomar la presión en los sitios antes mencionados, asegurándose que la presión disminuya notablemente, hasta registrar una presión nula, al cabo de un tiempo razonable, y así quedar vacía la red.

### **A.4.2.2. Medición global de consumo**

Una vez localizada la tubería de alimentación al Distrito Pitométrico se procedió a colocar una válvula de inserción de 1" por medio de una máquina insercionadora "MULLER", en la cual se apoya el equipo de Pitometría para hacer el aforo instantáneo calibrando el equipo e instalando el registrador de gasto; se realizó la medición del consumo y en el anexo de perdidas se pueden observar los gastos reportados cada 15 minutos y los gastos globales de cada uno de los Distritos Pitométricos, se incluyen los cuadros de consumo donde se muestran las características principales, y las gráficas de variación del consumo en 24 horas, en los 7 días en los cuales fue medido el consumo, como se indica en la tabla A.4.1.a.



## INDICE DE CONSUMO EN LOS 4 DISTRITOS PITOMETRICOS DE LA CD. DE CUERNAVACA

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO HORARIO PROMEDIO CHP (M3/H) | CONSUMO HORARIO MAXIMO CHM (M3/H) | CONSUMO MINIMO NOCTURNO CMN (M3/H) | INDICE CONSUMO HORARIO MAXIMO ICHM | INDICE CONSUMO HORARIO MINIMO NOCTURNO ICHM | CONSUMO ESPECIFICO PROMEDIO |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 121.5181                            | 136.3400                          | 32.0208                            | 1.1220                             | 0.2635                                      | 6.8524                      |
| ZONA MEDIA COL. CUAUHNAHUAC           | 40.3748                             | 57.9420                           | 34.3360                            | 1.4351                             | 0.8504                                      | 14.9594                     |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 7.1007                              | 7.8781                            | 5.9918                             | 1.1095                             | 0.8438                                      | 0.9877                      |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA        | 6.1630                              | 9.6023                            | 1.9842                             | 1.5581                             | 0.3220                                      | 3.2310                      |

TABLA A.4.1a

## CONSUMOS EN DISTRITOS PITOMETRICOS EN LA CD. DE CUERNAVACA MORELOS.

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO PROMEDIO x DIA | HAB. Ó TOMAS | DOTACION L/HAB/DIA | UNIDAD                             | HORAS DE SERVICIO x DIA |
|---------------------------------------|------------------------|--------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 2,916,433              | 2775         | 404.00             | litros/hab/día                     | 24 HORAS                |
| ZONA MEDIA COL. CUAUHNAHUAC           | 968,995                | 720          | 317.00             | litros/hab/día                     | 24 HORAS                |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 170,417                | 391          | 224.00             | litros/hab/día                     | 24 HORAS                |
| ZONA COMERCIAL CALLE EMILIANO ZAPATA  | 26624.01               | 11<br>26     | 1264.48<br>170     | Litros/toma/día<br>Litros/hab./día | 4 HORAS<br>19 MINUTOS   |

TABLA A.4.1b



Los consumos son representativos de cada una de las zonas socioeconómicas analizadas, cabe hacer notar que en el Distrito Pitométrico de la zona comercial, existen casas habitación por lo que se tiene una mezcla de consumos como lo muestra la tabla anterior y se puede ver en el anexo de Pitometría la encuesta a usuarios realizada en dicho Distrito.

#### A.4.2.3. Determinación del volúmen perdido en los Distritos Pitométricos

Los resultados del volumen perdido en los Distritos Pitométricos, se obtienen de la información de campo relativa a las perdidas por fugas en las redes de agua potable, aplicando la ecuación de balance:

$$V_{fr} = CT - VC - V_{fd}$$

Con base en los volúmenes entregados, CT, los cuales se muestran en la tercera columna de la tabla A.4.2.a. y A.4.2.b para cada uno de los Distritos Pitométricos, se obtienen los porcentajes de perdidas en la red, (%PR), los cuales se muestran en la penúltima columna de esta tabla; estos alcanzan hasta el 54% en promedio de los Distritos, presentándose el valor mas bajo en el Distrito Comercial, con un porcentaje del 31%

Para calcular el volumen consumido por los usuarios, se tomaron en cuenta los consumos per cápita domiciliarios reales (CPDR) y el numero de habitantes en cada uno de los Distritos Pitométricos.

Los valores utilizados en los porcentajes de tomas con fuga (%Tf), y el valor promedio de fuga por toma (Qmf) de la tabla a.4.1a y a.4.1b, se obtuvieron de la tabla A.4.7.a. y A.4.7.b. respectivamente, tomando valores representativos de toda la cd. de Cuernavaca, lógicamente tomando en cuenta el numero real de tomas totales en cada uno de estos.

Si se toma en cuenta la pérdida física total, es decir, la que ocurre simultáneamente en las tomas domiciliarias y en la red, se torna critica en el distrito de zona media, ya que llega hasta un valor del 76% , mas sin en cambio, en el sector comercial tiene un valor del 31%. ver tabla A.4.2.a. y A.4.2. b.



## ANALISIS DE PERDIDAS EN RED Y TOMAS DOMICILIARIAS EN DISTRITOS PITOMETRICOS EN UN DIA (OPCIÓN A)

| DISTRITO PITOMETRICO                 | ZONA | CONSUMO TOTAL CT (LTS) | NUM. DE HAB. Tomas | CPDR LHMD Litom/d | VOLUMEN CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA TT % | GASTO MEDIO Qm <sup>3</sup> (U=eq) | kms de RED | NUMERO de TOMAS | VOL. FUGA EN T. DOM. (LTS) | VOL. FUGA EN RED (LTS) | % FUGAS EN TOMA DOM. | % FUGAS RED |
|--------------------------------------|------|------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------|-------------|
| ZONA ALTA COL JARDINES DE CUERNAVACA | 4    | 2,916,433              | 2,775              | 404.00            | 1,121,100                | 1,796,333                | 21.57%      | 0.0815                             | 4,9201     | 555             | 843,440                    | 951,893                | 29%                  | 33%         |
| ZONA MEDIA CXX                       | 3    | 969,995                | 720                | 317.00            | 228,240                  | 740,755                  | 15.36%      | 0.0815                             | 0.7497     | 144             | 166,036                    | 584,718                | 16%                  | 60%         |
| ZONA POPULAR COL LOS PILARES         | 2    | 170,417                | 391                | 224.00            | 87,360                   | 83,057                   | 8.33%       | 0.0815                             | 1.9970     | 94              | 55,168                     | 27,890                 | 32%                  | 16%         |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA       | 1    | 26,824                 | 11                 | 1,264.48          | 13,908                   | 8,295                    | 17.50%      | 0.0815                             | 0.5299     | 23              | 5,100.82                   | 3,194                  | 19%                  | 12%         |

TABLA A.4.2.B.

## ANALISIS DE PERDIDAS EN RED Y TOMAS DOMICILIARIAS EN DISTRITOS PITOMETRICOS EN UN DIA (OPCIÓN B)

| DISTRITO PITOMETRICO                 | ZONA | CONSUMO TOTAL CT (LTS) | NUM. DE HAB. | CPDR LHMD | VOL. CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA TT % | GASTO MEDIO Qm <sup>3</sup> (U=eq) | kms de RED | NUMERO de TOMAS | VOL. FUGA EN T. DOM. (LTS) | VOL. FUGA EN RED (LTS) | % FUGAS EN TOMA DOM. | % FUGAS RED |
|--------------------------------------|------|------------------------|--------------|-----------|-----------------------|--------------------------|-------------|------------------------------------|------------|-----------------|----------------------------|------------------------|----------------------|-------------|
| ZONA ALTA COL JARDINES DE CUERNAVACA | 4    | 2,916,433              | 2,775        | 404.00    | 1,121,100             | 1,795,333                | 21.57%      | 0.0964                             | 4,9201     | 555             | 1,018,013                  | 777,320                | 35%                  | 27%         |
| ZONA MEDIA COL CUAUHNAHUAC           | 3    | 969,995                | 720          | 317.00    | 228,240               | 740,755                  | 15.36%      | 0.0964                             | 0.7497     | 144             | 186,334                    | 552,421                | 19%                  | 57%         |
| ZONA POPULAR COL LOS PILARES         | 2    | 170,417                | 391          | 224.00    | 87,360                | 83,057                   | 8.33%       | 0.0964                             | 1.9970     | 94              | 66,586                     | 16,471                 | 39%                  | 10%         |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA       | 1    | 26,824                 | 11           | 1,264.48  | 13,908                | 8,295                    | 17.50%      | 0.0964                             | 0.5299     | 23              | 6,156.21                   | 2,139                  | 23%                  | 8%          |

TABLA A.4.2.b.



### A.4.3. Evaluación de Fugas en Tomas Domiciliarias

Se determinó el tamaño de la muestra con la teoría del muestreo estadístico aleatorio estratificado, de donde se obtuvo un tamaño de la muestra por inspeccionar con un nivel de confianza del 95%. Para inicio de esta actividad de 196 inspecciones. Resultando un número mayor (198) al aplicar la proporción preestablecida por zona catastral y obteniendo un número mínimo de 30 muestras por cada una de las zonas en que se dividió la ciudad de Cuernavaca.

Al aplicar las ecuaciones anteriormente expuestas se obtuvo la muestra para el caso específico de Cuernavaca obteniendo lo siguiente. Cabe mencionar que para este estudio se respetaron los cinco sectores con los que opera actualmente el organismo con la finalidad de no interferir en su programa de operación.

La muestra para cada sector con la información que fue calculada, se muestra en la tabla A.4.3. y A.4.4.:

| SECTOR       | POBLACION      | TOMAS A.P.    | % FUGAS EN TOMA | TAMAÑO DE LA MUESTRA | TAMAÑO DE LA MUESTRA |
|--------------|----------------|---------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| 1            | 68,727         | 14,027        | 15              | 41                   | 41                   |
| 2            | 49,241         | 10,049        | 15              | 29                   | 30                   |
| 3            | 78,551         | 16,032        | 15              | 46                   | 46                   |
| 4            | 86,698         | 17,693        | 15              | 51                   | 51                   |
| 5            | 48,806         | 9,922         | 15              | 29                   | 30                   |
| <b>TOTAL</b> | <b>332,023</b> | <b>67,723</b> | <b>15</b>       | <b>196</b>           | <b>198</b>           |

**TABLA A.4.3**

De la muestra anteriormente los resultados que se obtuvieron son los siguientes:

| SECTOR | MUESTRA | I.P.F. | V.M. | R.T. | Encuesta Usuarios EN D.P. | Tomas Distrito Pitométrico |
|--------|---------|--------|------|------|---------------------------|----------------------------|
| 1      | 41      | 45     | 42   | 3    | 23                        | 23                         |
| 2      | 30      | 32     | 31   | 3    | 78                        | 78                         |
| 3      | 46      | 54     | 45   | 5    | 63                        | 144                        |
| 4      | 51      | 51     | 58   | 7    | 179                       | 555                        |
| 5      | 30      | 33     | 34   | 16   |                           |                            |

**TABLA A.4.4**

Donde:

ZONA.- Sector hidráulico en el cuál se encuentra dividida la ciudad

MUESTRA.- Pruebas a realizar de acuerdo a la aplicación de método expuesto anteriormente para evaluación de pérdidas

I.P.F.- Inspección de probable fuga

V.M.- Verificación de medidores

R.T.- Revisión de toma

E.U. en D.P.- Encuesta de usuarios en Distritos Pitométricos



De la información obtenida de las encuestas, se observa en la tabla A.4.5. que los sectores que mayor probabilidad de fuga presentan, son:

**INSPECCIONES DE PROBABLES FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS DE LA CD. DE CUERNAVACA, MORELOS.**

| SECTOR       | PROBABLE FUGA | MUESTRA | TOMAS CON INSPECCION | % DE PROBABLE FUGA |
|--------------|---------------|---------|----------------------|--------------------|
| 1            | 7             | 41      | 40                   | 17.5               |
| 2            | 3             | 30      | 36                   | 8.33               |
| 3            | 8             | 46      | 52                   | 15.38              |
| 4            | 11            | 51      | 51                   | 21.57              |
| 5            | 6             | 30      | 28                   | 21.43              |
| <b>TOTAL</b> | 35            | 198     | 207                  | 16.91              |

Tabla A.4.5.

En esta etapa del estudio se pretende llevar a cabo un balance de agua en una zona específica que comúnmente se llama Distrito Pitométrico, que al analizar dicho balance de agua se pueda inferir de qué magnitud es la falla que pudiera presentar el sistema y el origen de la misma. para ello se seleccionaron cuatro zonas que representen el comportamiento general del servicio de Agua Potable, tales como zona popular, zona media, zona alta y zona comercial, la cuáles se describen a continuación.

La selección de los Distritos Pitométricos se hizo conjuntamente con el organismo operador (SAPAC), debido a que para obtener los mejores resultados es necesario contar con el servicio de agua las 24 hrs. del día, excepto la zona comercial.

### **Zona Popular**

Como zona popular se selecciono la colonia Los Pilares localizada dentro del sector dos, su principal colindancia es con el panteón de la paz, y al poniente con el Río del Pollo; dentro de la colonia se localizan tanques de rebombeo conocidos con el nombre de Chipitlán, debido a esta situación la colonia los pilares cuenta con servicio de agua potable las 24 hrs. del día.

### **Zona Media**

Para la zona media se selecciono la colonia Cuauhnáhuac, localizada en el norte del sector tres, solo se consideraron dos calles dado que son las que permiten el aislamiento, estas calles son: la Av. Cuernavaca entre Av. Central y la calle Miguel Hidalgo, y la calle Lagunas de Zempoala que nace y desemboca en la calle Miguel Hidalgo; en este Distrito Pitométrico se localizan 144 tomas de Agua Potable, y se cuenta con el servicio las 24 hrs. del día.





### Zona Alta

Para el Distrito en zona alta se eligió la colonia Jardines de Cuernavaca que se localiza al sur-orienté del sector cuatro y colinda al norte con la Av Rio Mayo, al orienté con la Autopista México-Acapulco, al sur con los condominios Chapultepec y al poniente con la colonia Lomas de los Volcanes en esta zona se localizan 555 tomas de Agua Potable, y se cuenta con el servicio las 24 hrs. del día.

### Zona Comercial

Para el estudio del Distrito Pitométrico en la zona Comercial se tomo el poniente de la Av. Emiliano Zapata en el tramo comprendido entre la Av. Manuel Avila Camacho y el Cjon. Tlaltenango, al sur del sector uno, localizando en este 23 tomas de Agua Potable y un suministro de Agua Potable de las 5:00 a las 10:00 A.M.

En cada uno de los Distritos Pitométricos se instalaron equipos de medición, en los que se registraron las medidas requeridas para la evaluación de este estudio, así como los trabajos preliminares de obra civil y protección para la realización de este proyecto. Anexo se encuentra el plano de localización de cada uno de los Distritos Pitométricos y la tabla A.4.6.

| CLASIFICACION DEL DISTRITO PITOMETRICO | COLONIA                | SECTOR DE UBICACION | TOMAS QUE ABARCA |
|--|------------------------|---------------------|------------------|
| ZONA CLASE POPULAR                     | CHIPITLAN              | 2                   | 78               |
| ZONA CLASE MEDIA                       | CUAHUNAHUAC            | 3                   | 144              |
| ZONA CLASE ALTA                        | JARDINES DE CUERNAVACA | 4                   | 555              |
| ZONA COMERCIAL                         | EMILIANO ZAPATA        | 1                   | 23               |

TABLA A.4.6.

#### A.4.3.1. Obtención de gastos perdidos por fugas

Procesando la información de los 42 aforos realizados, se obtuvo el gasto medio de fugas en tomas domiciliarias con dos opciones, esto es eliminando de la base total, de acuerdo con las fugas con valores muy altos o muy bajos, con el fin de tener dos escenarios más conservadores de los resultados que se pueden obtener, el escenario denominado "A" (tabla A.4.7.a) tiene un valor medio de fuga de 0.0815 para 29 aforos validos y el escenario "B" (tabla A.4.7.b) tiene un valor medio de fuga de 0.0984 para 22 aforos validos, originalmente se planteo obtener un gasto medio por zona hidráulica, más sin embargo por la cantidad de aforos que se pueden realizar y el tipo de fuga que se presenta en campo se



llego a la conclusión de que para que fuera representativo se tenía que usar un gasto de fuga medio de Cuernavaca. El gasto promedio se puede observar en la tabla A.4.4. en las opciones A y B, se presentan valores de presión muy elevados debido a que la topografía del terreno presenta grandes desniveles topográficos. En la tabla también se muestran los resultados del cálculo total del gasto por fugas en tomas domiciliarias por sector.

**GASTO DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS EN CUERNAVACA, MORELOS.(OPCION A)**

| SECTOR | ZONA SOCIO ECONOMICA | PRESION MEDIA (KG/CM2) | NUMERO DE TOMAS | TOMAS AFORADAS | % DE TOMAS CON FUGA | GASTO DE FUGA (L/SEG) opción A | GASTO TOTAL DE FUGA (L/SEG) |
|--------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1      | COMERCIAL            | 1.45                   | 14027           | 3              | 17.5                | 0.0815                         | 200.08                      |
| 2      | BAJO                 | 4                      | 10049           | 3              | 8.33                | 0.0815                         | 68.22                       |
| 3      | MEDIO                | 1.728                  | 16032           | 5              | 15.38               | 0.0815                         | 200.98                      |
| 4      | ALTO                 | 1.3225                 | 17693           | 7              | 21.57               | 0.0815                         | 311.01                      |
| 5      | MEDIO                | 3.51                   | 9922            | 16             | 21.43               | 0.0815                         | 173.27                      |

**TABLA A.4.7.a.**

**GASTO DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS EN CUERNAVACA, MORELOS.(OPCION B)**

| SECTOR | ZONA SOCIO ECONOMICA | PRESION MEDIA (KG/CM2) | NUMERO DE TOMAS | TOMAS AFORADAS | % DE TOMAS CON FUGA | GASTO DE FUGA (L/SEG) | GASTO TOTAL DE FUGA (L/SEG) |
|--------|----------------------|------------------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1      | COMERCIAL            | 1.45                   | 14027           | 3              | 17.5                | 0.0984                | 241.572                     |
| 2      | BAJO                 | 4                      | 10049           | 3              | 8.33                | 0.0984                | 82.36                       |
| 3      | MEDIO                | 1.728                  | 16032           | 5              | 15.38               | 0.0984                | 242.65                      |
| 4      | ALTO                 | 1.3225                 | 17693           | 7              | 21.57               | 0.0984                | 375.49                      |
| 5      | MEDIO                | 3.51                   | 9922            | 16             | 21.43               | 0.0984                | 209.20                      |

**TABLA A.4.7.b.**

**A.4.3.2. Revisión del tamaño de la muestra**

El reajuste del tamaño de la muestra para inspección de tomas se efectuó durante el desarrollo y al terminar los trabajos de campo. Con los datos del porcentaje de tomas con fugas y el número de tomas por zona hidráulica, en la tabla 4, se obtiene el tamaño de la muestra reajustado, que resulta muy por debajo al de las tomas inspeccionadas (198); el cálculo de la zona se muestra en la tabla A.4.5.



### A.4.3.3. Aforo de las fugas

La revisión del tamaño de la muestra de aforo de fugas, se realizó conforme se obtuvieron los gastos de fugas en tomas domiciliarias, se procedió a evaluar el tamaño de la muestra para aforo de fugas. En las primeras versiones del tamaño de la muestra para aforo de fugas, es decir, las llevadas a cabo durante el desarrollo de los trabajos de campo, resultaban inicialmente tamaños de muestras elevados, sin embargo, a medida que avanzaba el trabajo e incrementaba el volumen de información, este disminuyó hacia el valor finalmente obtenido al efectuado en campo, ver tablas A.4.8.a y b., respectivamente:

REVISION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE AFOROS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE LA CD. DE CUERNAVACA MORELOS.(opción A)

| N  | $q_i$       | $(q_i - \bar{q})$ | $(q_i - \bar{q})^2$      | p<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | $Q_i$<br>(l/seg.) |
|----|-------------|-------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|
| 1  | 0.035400    | -0.046145         | 0.002129                 | 2.00                       | 0.035400          |
| 2  | 0.002800    | -0.078745         | 0.006201                 | 0.00                       | 0.002800          |
| 3  | 0.002300    | -0.079245         | 0.006280                 | 0.90                       | 0.002300          |
| 4  | 0.265200    | 0.183655          | 0.033729                 | 4.00                       | 0.265200          |
| 5  | 0.010500    | -0.071045         | 0.005047                 | 0.90                       | 0.010500          |
| 6  | 0.017700    | -0.063845         | 0.004076                 | 1.85                       | 0.017700          |
| 7  | 0.001900    | -0.079645         | 0.006343                 | 1.00                       | 0.001900          |
| 8  | 0.029500    | -0.052045         | 0.002709                 | 2.25                       | 0.029500          |
| 9  | 0.011300    | -0.070245         | 0.004934                 | 1.10                       | 0.011300          |
| 10 | 0.003000    | -0.078545         | 0.006169                 | 1.20                       | 0.003000          |
| 11 | 0.002600    | -0.078945         | 0.006232                 | 1.35                       | 0.002600          |
| 12 | 0.002200    | -0.079345         | 0.006296                 | 0.91                       | 0.002200          |
| 13 | 0.001300    | -0.080245         | 0.006439                 | 0.60                       | 0.001300          |
| 14 | 0.011800    | -0.069745         | 0.004864                 | 1.91                       | 0.011800          |
| 15 | 0.008200    | -0.073345         | 0.005379                 | 1.28                       | 0.008200          |
| 16 | 0.046300    | -0.035245         | 0.001242                 | 1.30                       | 0.046300          |
| 17 | 0.498800    | 0.417255          | 0.174102                 | 3.70                       | 0.498800          |
| 18 | 0.029000    | -0.052545         | 0.002761                 | 4.60                       | 0.029000          |
| 19 | 0.030300    | -0.051245         | 0.002626                 | 1.00                       | 0.030300          |
| 20 | 0.116400    | 0.034855          | 0.001215                 | 3.60                       | 0.116400          |
| 21 | 0.134600    | 0.053055          | 0.002815                 | 2.40                       | 0.134600          |
| 22 | 0.152800    | 0.071255          | 0.005077                 | 2.40                       | 0.152800          |
| 23 | 0.031900    | -0.049645         | 0.002465                 | 4.50                       | 0.031900          |
| 24 | 0.089900    | 0.008355          | 0.000070                 | 7.50                       | 0.089900          |
| 25 | 0.082200    | 0.000655          | 0.000000                 | 2.50                       | 0.082200          |
| 26 | 0.067600    | -0.013945         | 0.000194                 | 1.60                       | 0.067600          |
| 27 | 0.276300    | 0.194755          | 0.037930                 | 4.90                       | 0.276300          |
| 28 | 0.204400    | 0.122855          | 0.015093                 | 7.20                       | 0.204400          |
| 29 | 0.198600    | 0.117055          | 0.013702                 | 2.90                       | 0.198600          |
|    | $\bar{q}_m$ | 0.081545          | SUM( $q_i - \bar{q}_m$ ) | 0.366121                   |                   |
|    |             |                   | $S_q^2 =$                | 0.013075764                |                   |
|    |             |                   | d =                      | 5%                         |                   |
|    |             |                   | $n_0 =$                  | 20.921                     |                   |

Tabla A.4.8. a.



REVISION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE AFOROS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION DE LA CD. DE CUERNAVACA MORELOS.(opción B)

| N              | q <sub>i</sub> | (q <sub>i</sub> -q)                  | (q <sub>i</sub> -q) <sup>2</sup> | p<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | q <sub>i</sub><br>(l/seg.) |
|----------------|----------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1              | 0.035400       | -0.063023                            | 0.003972                         | 2.00                       | 0.035400                   |
| 2              | 0.265200       | 0.166777                             | 0.027815                         | 0.00                       | 0.265200                   |
| 3              | 0.010500       | -0.087923                            | 0.007730                         | 0.90                       | 0.010500                   |
| 4              | 0.017700       | -0.080723                            | 0.006516                         | 4.00                       | 0.017700                   |
| 5              | 0.029500       | -0.068923                            | 0.004750                         | 0.90                       | 0.029500                   |
| 6              | 0.011300       | -0.087123                            | 0.007590                         | 1.85                       | 0.011300                   |
| 7              | 0.011800       | -0.086623                            | 0.007503                         | 1.00                       | 0.011800                   |
| 8              | 0.046300       | -0.052123                            | 0.002717                         | 2.25                       | 0.046300                   |
| 9              | 0.029000       | -0.069423                            | 0.004820                         | 1.10                       | 0.029000                   |
| 10             | 0.303000       | 0.204577                             | 0.041852                         | 1.20                       | 0.303000                   |
| 11             | 0.116400       | 0.017977                             | 0.000323                         | 1.35                       | 0.116400                   |
| 12             | 0.134600       | 0.036177                             | 0.001309                         | 0.91                       | 0.134600                   |
| 13             | 0.152800       | 0.054377                             | 0.002957                         | 0.60                       | 0.152800                   |
| 14             | 0.031900       | -0.066523                            | 0.004425                         | 1.91                       | 0.031900                   |
| 15             | 0.089900       | -0.008523                            | 0.000073                         | 1.28                       | 0.089900                   |
| 16             | 0.082200       | -0.016223                            | 0.000263                         | 1.30                       | 0.082200                   |
| 17             | 0.067600       | -0.030823                            | 0.000950                         | 3.70                       | 0.067600                   |
| 18             | 0.276300       | 0.177877                             | 0.031640                         | 4.60                       | 0.276300                   |
| 19             | 0.204400       | 0.105977                             | 0.011231                         | 1.00                       | 0.204400                   |
| 20             | 0.026200       | -0.072223                            | 0.005216                         | 3.60                       | 0.026200                   |
| 21             | 0.024700       | -0.073723                            | 0.005435                         | 2.40                       | 0.024700                   |
| 22             | 0.198600       | 0.100177                             | 0.010035                         | 2.40                       | 0.198600                   |
|                |                |                                      |                                  |                            |                            |
| q <sub>m</sub> | 0.098423       | SUM(q <sub>i</sub> -q <sub>m</sub> ) | 0.189124                         |                            |                            |

|                               |          |
|-------------------------------|----------|
| S <sub>q</sub> <sup>2</sup> = | 0.009006 |
| d=                            | 5%       |
| n <sub>0</sub> =              | 14.409   |

Tabla A.4.8. b.

#### A.4.3.4. Evaluación de pérdidas totales por fugas

Para conocer el valor total de las pérdidas, es necesario extrapolar los resultados obtenidos en el análisis de los Distritos Pitométricos al total de las zonas catastrales de la ciudad de Cuernavaca, Morelos. Mediante el cálculo de gasto de fuga se obtuvieron las pérdidas totales de fuga promedio, y una vez obtenido este valor se obtiene el gasto total de fuga en tomas domiciliarias, el cual consiste en multiplicar el porcentaje (P) correspondiente, por el gasto total de fuga promedio. En las tablas A.4.9.a. y A.4.9.b. se aplicó el procedimiento de las primeras paginas para dar los siguientes resultados:



**CALCULO DE LA RELACION PORCENTUAL EXISTENTE ENTRE LOS GASTOS DE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS Y EN RED EN LOS DISTRITOS PITOMETRICOS DE CUERNAVACA, MORELOS.**

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO TOTAL (CT) (LTS) | VOL. CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA Tf % | GASTO MEDIO Qmf (L/S) | NUMERO TOMAS | TOMAS CON FUGA | I (L/S/TOMA) | QFR (L/S/TOMA) | (Qfr/Qmf)*100 (%) |
|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 2,916,433                | 1,121,100             | 1,795,333.46             | 22%         | 0.0815                | 555.00       | 120            | 0.174        | 0.092          | 112.86            |
| ZONA MEDIA COL. CUAUHNAHUAC           | 968,995                  | 228,240.00            | 740,755.46               | 15%         | 0.0815                | 144.00       | 22             | 0.387        | 0.306          | 374.73            |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 170,417                  | 87,360.00             | 83,057.48                | 8%          | 0.0815                | 94.00        | 8              | 0.123        | 0.041          | 50.56             |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA        | 32,804                   | 13,909.28             | 8,294.72                 | 18%         | 0.0815                | 23.00        | 4              | 0.133        | 0.051          | 62.63             |

Tabla A.4.9.a.

**CALCULO DE LA RELACION PORCENTUAL EXISTENTE ENTRE LOS GASTOS DE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS Y EN RED EN LOS DISTRITOS PITOMETRICOS DE CUERNAVACA, MORELOS.**

| DISTRITO PITOMETRICO                  | CONSUMO TOTAL (CT) (LTS) | VOL. CONSUM. VC (LTS) | VOL. FUGA TOTAL VF (LTS) | % FUGA Tf % | GASTO MEDIO Qmf (L/S) | NUMERO TOMAS | TOMAS CON FUGA | I (L/S/TOMA) | QFR (L/S/TOMA) | (Qfr/Qmf)*100 (%) |
|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------|-----------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|
| ZONA ALTA COL. JARDINES DE CUERNAVACA | 2,916,433                | 1,121,100             | 1,795,333.46             | 22%         | 0.0984                | 555.00       | 120            | 0.174        | 0.075          | 76.36             |
| ZONA MEDIA COL. CUAUHNAHUAC           | 968,995                  | 228,240.00            | 740,755.46               | 15%         | 0.0984                | 144.00       | 22             | 0.387        | 0.289          | 293.32            |
| ZONA POPULAR COL. LOS PILARES         | 170,417                  | 87,360.00             | 83,360.00                | 8%          | 0.0984                | 94.00        | 8              | 0.123        | 0.024          | 24.74             |
| ZONA COMERCIAL EMILIANO ZAPATA        | 32,804                   | 13,909.28             | 8,294.72                 | 18%         | 0.0984                | 23.00        | 4              | 0.133        | 0.034          | 34.74             |

Tabla A.4.9.b.



## ANEXO 5

### A.5. ANALISIS GLOBAL DE PÉRDIDAS

Para llevar a cabo el balance general de resultados con respecto al gasto total entregado por las fuentes de abastecimiento, se utilizan en este caso los resultados correspondientes a las fugas en tomas domiciliarias y redes de tubería, además de los gastos de consumo medidos para los diferentes tipos de usuarios y los gastos de consumos no medidos para los diferentes tipos de usuarios los cuales se calculan a continuación, quedando resumido de la siguiente manera:

$$Q_{sum} = Q_{ftr} + Q_{tsm} + Q_{ft} + Q_{fr} + Q_{tomel}$$

Donde:

$Q_{sum}$  = gasto suministrado a la cd. de Cuernavaca.

$Q_{ftr}$  = gasto consumido facturado de tomas con medidor

$Q_{tsm}$  = gasto consumido calculado de tomas sin medidor

$Q_{ft}$  = gasto total de fugas en tomas domiciliarias

$Q_{fr}$  = gasto total de fuga de red

$Q_{tomel}$  = gasto por tomas clandestinas

Los gastos consumidos facturados podemos analizarlos en la tabla A.5.1. para el año anterior, arrojando los siguientes resultados:

| TOTAL DE TOMAS               |        | Tomas        | 67,027 |             |                |
|------------------------------|--------|--------------|--------|-------------|----------------|
| Indice de hacinamiento       |        | Hab/vivienda | 4      |             |                |
| DOMESTICO                    |        |              | 1997   | lps medidos | lps no medidos |
| TOMAS PROMEDIO               | Tomas  | 60,551       |        |             |                |
| TOMAS CON MEDIDOR            | Tomas  | 48,094       |        | 626.56      |                |
| TOMAS SIN MEDIDOR            | Tomas  | 12,457       |        |             | 162.29         |
| GASTO MEDIDO Mm <sup>3</sup> | Anual  | 24,699       |        |             |                |
| DOTACION (l/h/d)             | Prom.  | 281          |        |             |                |
| <b>COMERCIAL</b>             |        |              | 1997   |             |                |
| TOMAS PROMEDIO               | Tomas  | 5,844        |        |             |                |
| TOMAS CON MEDIDOR            | Tomas  | 4,486        |        | 130.04      |                |
| TOMAS SIN MEDIDOR            | Tomas  | 1,358        |        |             | 39.37          |
| GASTO MEDIDO                 | Anual  | 4,101        |        |             |                |
| DOTACION (l/toma/d)          | Prom.. | 2,505        |        |             |                |
| <b>INDUSTRIAL</b>            |        |              | 1997   |             |                |
| TOMAS PROMEDIO               | Tomas  | 265          |        |             |                |
| TOMAS CON MEDIDOR            | Tomas  | 262          |        | 26.99       |                |
| TOMAS SIN MEDIDOR            | Tomas  | 3            |        |             | 0.31           |
| GASTO MEDIDO                 | Anual  | 851          |        |             |                |
| DOTACION (l/toma/d)          | Prom.  | 8,899        |        |             |                |
| <b>GOBIERNO</b>              |        |              | 1997   |             |                |
| TOMAS PROMEDIO               | Tomas  | 367          |        |             |                |
| TOMAS CON MEDIDOR            | Tomas  | 263          |        | 101.95      |                |



|                                   |       |        |               |               |
|-----------------------------------|-------|--------|---------------|---------------|
| TOMAS CON MEDIDOR                 | Tomas | 263    | 101.95        |               |
| TOMAS SIN MEDIDOR                 | Tomas | 104    |               | 40.31         |
| GASTO MEDIDO                      | Anual | 3,215  |               |               |
| DOTACION (l/toma/d)               | Prom. | 33,49l |               |               |
| <b>Gasto total de Qftr y Qtsm</b> |       |        | <b>886.63</b> | <b>242.28</b> |

Tabla A.5.1.

El total de tomas en la ciudad de Cuernavaca es de 67,027 de las cuales 53,106 cuentan con servicio medido, y 13,921 no cuentan con servicio medido; del total de tomas que existen en la cd., se realizó un desglose de estos por zonas socioeconómicas obteniendo los siguientes resultados, mostrados en la tabla A.5.2.:

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| Tomas comerciales medidas        | 4,486         |
| Tomas comerciales no medidos     | 1,358         |
| Tomas industriales medidas       | 265           |
| Tomas industriales no medidas    | 3             |
| Tomas gubernamentales medidas    | 263           |
| Tomas gubernamentales no medidas | 104           |
| Tomas medidas zona alta          | 5,771         |
| Tomas medidas zona media         | 35,109        |
| Tomas medidas zona baja          | 7,214         |
| Tomas no medidas zona alta       | 1,495         |
| Tomas no medidas zona media      | 9,094         |
| Tomas no medidas zona baja       | 1,869         |
|                                  | <b>67,027</b> |

Tabla A.5.2.

**ANEXO**

EVALUACION DE PERDIDAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA, MOR.



En la tabla anterior se muestran los valores definitivos de las tomas medidas y las no medidas, aunque, como se puede observar, ya están separadas y clasificadas de acuerdo al orden socioeconómico; la suma total de las tomas medidas y de las no medidas, así como sus respectivos gastos o consumos de acuerdo a zonas socioeconómicas, incluyendo a las zonas comerciales y gubernamentales e industriales (aunque en su caso sea muy pequeño en tamaño), y dotaciones, se muestran en la tabla A.5.3. y 4.:

| DOMESTICO                       | sector socioecon.    | dotación DP's | número de tomas | lps medidos | lps no medidos |          |
|---------------------------------|----------------------|---------------|-----------------|-------------|----------------|----------|
| TOMAS PROMEDIO                  |                      | 57,536        | 60,551          |             |                | DOTACION |
| TOMAS CON MEDIDOR               |                      | 42,370        | 48,094          | 626.56      |                | PROMEDIO |
| TOMAS SIN MEDIDOR               |                      |               | 12,457          |             | 162.29         |          |
| GASTO MEDIDO Mm <sup>3</sup>    |                      | 23,994        | 24,699          |             |                | 296      |
| GASTO NO MEDIDO Mm <sup>3</sup> |                      |               |                 |             |                | L/H/D    |
| DOTACION (l/h/d)                |                      | 310           | 281             |             |                |          |
| tomas medidas zona alta         | socioeconómica alta  | 404 l/hab/día | 5771            | 107.94      |                |          |
| tomas medidas zona media        | socioeconómica media | 317 l/hab/día | 35109           | 515.25      |                |          |
| tomas medidas zona baja         | socioeconómica baja  | 224 l/hab/día | 7214            | 74.81       |                |          |
| tomas no medidas zona alta      | socioeconómica alta  | 404 l/hab/día | 1495            |             | 27.96          |          |
| tomas no medidas zona media     | socioeconómica media | 317 l/hab/día | 9094            |             | 133.46         |          |
| tomas no medidas zona baja      | socioeconómica baja  | 224 l/hab/día | 1869            |             | 19.38          |          |
| total                           |                      |               |                 | 698.01      | 180.79         |          |

Tabla A.5.3.

| COMERCIAL                    | sector \$   | dotación DP's      | número de tomas | lps medidos        | lps no medidos        |          |
|------------------------------|-------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|----------|
| TOMAS PROMEDIO               | 5688        | 5882               | 5844            |                    |                       | AÑOS     |
| TOMAS CON MEDIDOR            | 4190        | 3909               | 4486            | 130.04             |                       | DOTACION |
| TOMAS SIN MEDIDOR            |             |                    | 1358            |                    | 39.37                 | PROMEDIO |
| GASTO MEDIDO                 | 3695        | 3783               | 4101            |                    |                       | 2,524    |
| DOTACION (l/toma/d)          | 2416        | 2651               | 2505            |                    |                       | L/TOMA/D |
| Tomas medidas comerciales    | comercial   | 1264.48 l/toma/día | 4486            | 65.65              |                       |          |
| Tomas no medidas comerciales | comercial   | 1264.48 l/toma/día | 1358            |                    | 19.87                 |          |
|                              |             |                    |                 | 0.00               |                       |          |
| <b>INDUSTRIAL</b>            | <b>1995</b> | <b>1996</b>        | <b>1997</b>     | <b>lps medidos</b> | <b>lps no medidos</b> |          |
| TOMAS PROMEDIO               | 255         | 262                | 265             |                    |                       | DOTACION |
| TOMAS CON MEDIDOR            | 191         | 179                | 262             | 26.99              |                       | PROMEDIO |
| TOMAS SIN MEDIDOR            |             |                    | 3               |                    | 0.31                  |          |
| GASTO MEDIDO                 | 373         | 426                | 851             |                    |                       | 6,923    |
| DOTACION (l/toma/d)          | 5350        | 6520               | 8899            |                    |                       | L/TOMA/D |
| <b>GOBIERNO</b>              | <b>1995</b> | <b>1996</b>        | <b>1997</b>     | <b>lps medidos</b> | <b>lps no medidos</b> |          |
| TOMAS PROMEDIO               | 351         | 365                | 367             |                    |                       | DOTACION |
| TOMAS CON MEDIDOR            | 206         | 186                | 263             | 101.95             |                       | PROMEDIO |



**ANEXO**

**EVALUACION DE PERDIDAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CUERNAVACA, MOR.**



|                     |       |       |       |        |        |          |
|---------------------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|
| TOMAS SIN MEDIDOR   |       |       | 104   |        | 40.31  |          |
| GASTO MEDIDO        | 1297  | 984   | 3215  |        |        | 21,745   |
| DOTACION (l/toma/d) | 17250 | 14494 | 33491 |        |        | L/TOMA/D |
|                     |       |       |       | 892.59 | 241.28 |          |

**Tabla A.5.4.**

De al tabla anterior pudimos obtener los gastos facturados y los no facturados siendo estos **892.59 l.p.s. y 241.28 l.p.s. respectivamente.**

Para el cálculo de las pérdidas en red y las pérdidas en tomas domiciliarias, se toma en cuenta las dos opciones, la opción (A) de gasto medio de fuga de 0.081545 y la opción (B) con un gasto medio de fuga de 0.0984, para así poder obtener el gasto que se pierde, en litros por segundo, tanto en tomas domiciliarias, como en red, tomando de cada uno, sus respectivos porcentajes y haciendo uno global para el caso de fugas en tomas domiciliarias. La siguiente tabla indica para cada uno de los casos y las opciones, los resultados obtenidos:

|   |               |
|---|---------------|
| % fugas en red (opción B)                 | <b>30.25</b>  |
| % fugas en red (opción A)                 | <b>25.50</b>  |
| % de probable fuga en tomas domiciliarias | <b>16.91</b>  |
| Número de usuarios totales                | <b>67,027</b> |
| continuidad en el servicio 14.7 horas =   | <b>0.6125</b> |

Una vez obtenido los porcentajes de fugas, el número de usuarios totales y la continuidad en el servicio, podremos calcular para las dos opciones el gasto perdido tanto de fugas en red como el de fugas en tomas domiciliarias.

Como ejemplo, pondremos que para la opción A, el gasto se obtiene multiplicando el porcentaje de pérdidas de la opción (0.3025) por gasto suministrado (2,472 l.p.s.) y por la continuidad en el servicio (0.6125); en el caso de tomas domiciliarias, se hace lo mismo pero multiplicado por el número de tomas, en la tabla A.5.5. se muestran los valores de cada uno y el total:

|                         | Opción A        | Opción B        |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| OPCION A QFR= 0.081545  |                 |                 |
| Q PERDIDAS EN RED       | <b>458.02</b>   |                 |
| OPCION B QFR= 0.0984    |                 |                 |
| Q PERDIDAS EN RED       |                 | <b>366.10</b>   |
| OPCION A QFR= 0.081545  |                 |                 |
| Q P TOMAS DOMICILIARIAS | <b>566.10</b>   |                 |
| OPCION B QFR= 0.0984    |                 |                 |
| Q P TOMAS DOMICILIARIAS |                 | <b>683.12</b>   |
| <b>TOTAL</b>            | <b>1,024.12</b> | <b>1,069.22</b> |

**Tabla A.5.5.**



Una vez obtenidos los datos de fugas totales, los cuales fueron para la opción A y B de 1,024.12 y 1,069.22 l.p.s. respectivamente, podremos calcular la cantidad de agua que se va a tomas clandestinas, también podremos obtener el porcentaje de agua no contabilizada y consumos facturados, así como los consumos reales de estos por las dos opciones, como se muestra en la tabla A.5.6.:

|   | Opción A | Opción B | porcentajes |
|---|----------|----------|-------------|
| SUMINISTRADO                                      | 2,472.00 | 2,472.00 |             |
| GASTO TOTAL FACTURADO                             | 892.59   | 892.59   | 36.11%      |
| GASTO CALCULADO NO FACTURADO                      | 241.28   | 241.28   | 9.76%       |
| OPCION A QFR= 0.081545<br>Q PERDIDAS EN RED       | 458.02   |          | 18.53%      |
| OPCION B QFR= 0.0984<br>Q PERDIDAS EN RED         |          | 386.10   | 15.62%      |
| OPCION A QFR= 0.081545<br>Q P TOMAS DOMICILIARIAS | 566.10   |          | 22.90%      |
| OPCION B QFR= 0.0984<br>Q P TOMAS DOMICILIARIAS   |          | 683.12   | 27.63%      |
| CLANDESTINAS OPCION A                             | 314.00   |          | 12.70%      |
| CLANDESTINAS OPCION B                             |          | 268.91   | 10.88%      |
| AGUA NO CONTABILIZADA                             | 1,338.12 | 1,338.12 | 54.13%      |
| CONSUMOS FACTURADOS                               | 1,133.88 | 1,133.88 | 45.87%      |
| TOTAL SUMINISTRADO                                | 2,472.00 | 2,472.00 | 100.00%     |

Tabla A.5.6.

En esta tabla observamos que el porcentaje de pérdidas en la red, tanto en la opción A y B representan alrededor del 16%, y el porcentaje de pérdidas en tomas domiciliarias es aproximadamente del 25%, de las dos opciones lo que equivale a que de estos, se pierdan aproximadamente 900 l.p.s., que comparado con el consumo suministrado, estos tienen un porcentaje de aproximadamente el 42% entre las dos de ambas opciones.

Como conclusión, podemos citar, que el porcentaje de agua no contabilizada (54%) es muy alto, que dentro del gasto suministrado (2472 l.p.s.) no se contabilizan alrededor de 1,338 l.p.s., lo que representa un mayor gasto perdido dentro del sistema, por lo que el Organismo debe de poner un plan estratégico para que de tal manera pueda recuperar caudales y se tenga un mejor aprovechamiento de este recurso (dentro de los planes es el de recuperación de caudales perdidos, o ver el punto de oportunidades y restricciones del Organismo Operador).



### **A.5.1. OBTENCIÓN DE DATOS**

Para poder obtener los datos y poder realizar los cálculos, se tuvieron que realizar una serie de encuestas en la cd. de Cuernavaca, estas encuestas fueron:

- Encuesta de verificación de medidores (formato VM)
- Encuestas de inspección de probables fugas en tomas domiciliarias (formato IF)
- Encuestas de revisión de tomas (formato RT)
- Encuestas a usuarios (formato EU)
- Encuestas de instalación de micromedidores. ESTUDIO DE DOTACIÓN (FORMATO IM)

Estos formatos llevan una serie de pasos a seguir, o bien, una metodología, la cual se muestra a continuación, así como el manual de captura de fugas de redes de agua potable:

## **CONCLUSIONES**

Dentro de los esfuerzos realizados para mejorar el servicio de Agua Potable, es de descentralizar este, con el fin de que el Organismo Operador sea capaz de operar los sistemas en un marco de autosostenimiento, logrando con recursos propios y bajas inversiones un alto retorno de obras inmediatas de infraestructura, manteniendo acciones de fortalecimiento empresarial dirigidas a mejorar la eficiencia en cuanto a cobertura eficiencia y calidad, en el mediano y largo plazo.

El presente Diagnóstico Técnico del SAPAC se basa en un enfoque que considera la planeación, programación y control de procesos, dentro de una visión sistemática integral de todos los componentes que permitirán seguir la evolución y los cambios que se presenten en el Organismo y en su entorno.

Por lo tanto, existe una necesidad importante de la participación de colaboradores externos que permitirán hacer más eficiente el sistema, a través de:

- Eliminación de prácticas operacionales ineficientes.
- Reducción del agua no contabilizada.
- Expansión del servicio que satisfaga la creciente demanda.
- Medición real del consumo.
- Eliminar la ineficacia de la facturación y cobranza, lo que permitirá la generación suficiente de fondos necesarios para la expansión del servicio y la protección del entorno ecológico.
- Una clara responsabilidad regulada.
- Creación de una nueva cultura del agua.

El análisis socioeconómico de la Ciudad, ó región, y el análisis de consumo por categorías, es lo que permitirá finalmente que el proyecto sea factible o no, siendo estos factores, los más importantes y en los que deben de poner mayor énfasis las autoridades.

De esta forma, la tarifa media debe derramarse entre las diferentes categorías de usuarios, siendo el padrón correspondiente una clasificación propuesta:

\*Doméstico: Populares: Por debajo de la tarifa media.  
Medios: Cerca de la tarifa media.  
Residenciales: Por arriba de la tarifa media.

\*Comerciales e Industriales: Siempre por arriba de la tarifa media.

\*Públicos: En la tarifa media

Experiencias en países industrializados y en algunos países en vías de desarrollo que han delegado algunos servicios de agua al sector privado, han mostrado que la participación de esta resulta benéfica debido a una administración estable, llevada con eficiencia y con acceso al capital privado.

Alguna de las ventajas que permite separar claramente las funciones de operación delegadas a la empresa titular del contrato, de la función de control del servicio de agua potable, que corre a cargo del municipio, serían:

- ◆ Las instalaciones de servicios permanecen en propiedad del municipio, este solo encomienda a las empresas privadas el funcionamiento del servicio y el mantenimiento de su patrimonio, pero no su propiedad y no se trata de modo alguno, de una "Privatización" de los servicios.
- ◆ Se incorporan nuevos recursos técnicos, administrativos y financieros a la solución del problema creciente de los servicios públicos.
- ◆ Se eliminan subsidios, a través del manejo eficiente del servicio, estableciendo medición y tarifas adecuadas, dentro de la equidad social, mantenimiento permanente y facturación justa y oportuna.
- ◆ Redunda lo anterior en un ahorro de agua, prolongación de la vida de las instalaciones, se conservan fuentes de abastecimiento y se reducen y difieren inversiones

Una exitosa participación del sector privado debe ser vista como una sociedad entre este y el sector público, para así poder maximizar los beneficios para los usuarios, esto conlleva a que existan dos objetivos del sector público con respecto a la participación del sector privado:

- ❖ Expandir el abastecimiento de agua con el fin de incrementar la cobertura
- ❖ El proveer de una mejor calidad los servicios.

Los objetivos secundarios son:

- ❖ Asegurar el incremento en la eficiencia de operación.
- ❖ Financiar el sistema sin subsidios gubernamentales.

Los sectores de agua son de capital intensivo. Estudios indican que el rango de inversión de los activos fijos contra los ingresos de las tarifas anuales, son del orden de 10 a 1 comparados con 3 a 1 con las telecomunicaciones y 4 a 1 para la energía eléctrica. En los sectores de agua, se hace más difícil atraer la participación del sector privado para inversiones financieras, debido a que el período de recuperación de la inversión es más largo.

De lo anterior citaremos que el suministro de agua es un monopolio natural, es decir, que es antieconómico duplicar las redes de agua potable de la Ciudad. Como consecuencia el proveedor del servicio tiene tal dominio de la situación, que es difícil que una competencia se pueda llevar a cabo. Con el fin de proteger a los usuarios contra abusos de los poderes de los monopolios, la regulación del abastecimiento de agua se hace necesaria e importante.

Los riesgos técnicos se relacionan con la falta de conocimiento suficiente sobre el estado de las instalaciones e infraestructura existente. Un riesgo adicional es que los costos de construcción se incrementan más allá de lo planeado debido a la inflación de precios, así como retrasos en los tiempos de ejecución. Como observación, los riesgos de construcción son sobrellevados mejor por el sector privado, debido a que la experiencia ha demostrado que las compañías privadas están mejor calificadas para llevar a cabo inversiones dentro del presupuesto y programas previstos.

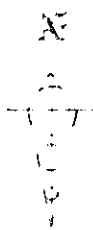
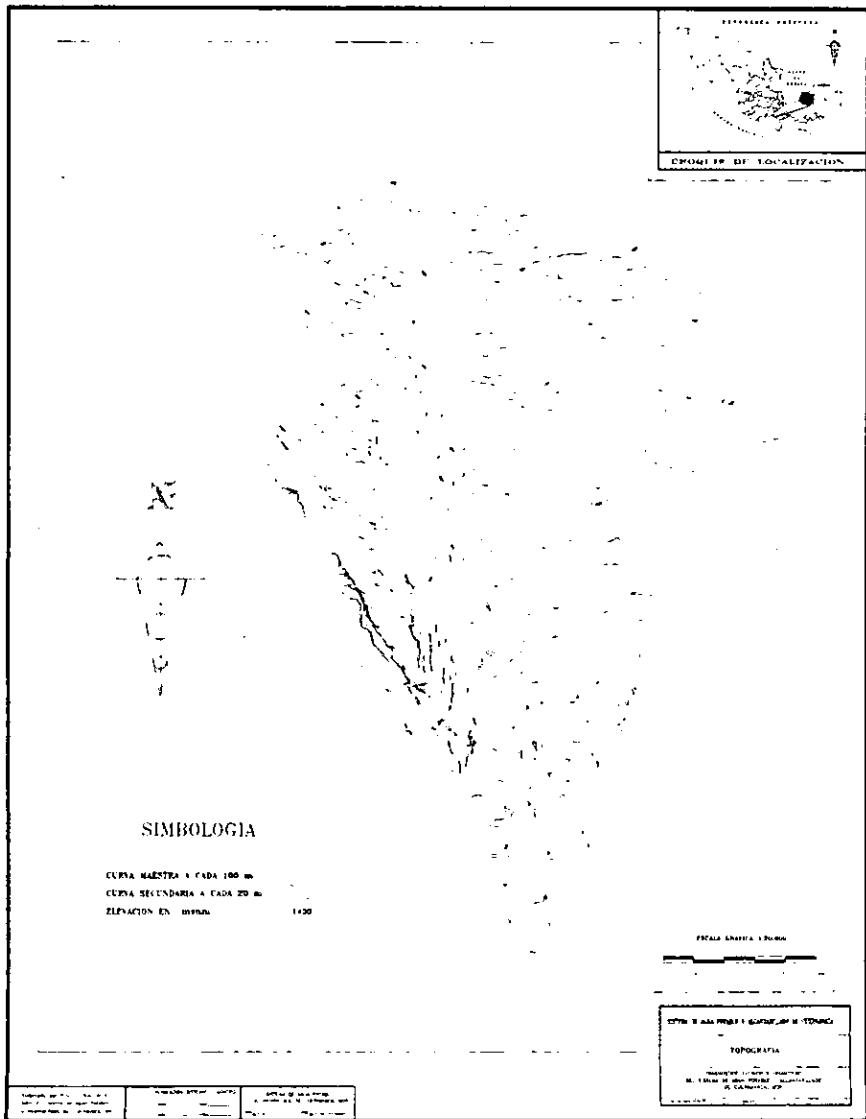
## **ANEXO DE PLANOS**

1. PLANO DE TOPOGRAFÍA
2. ZONAS DE DISPONIBILIDAD
3. LÁMINA DE CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS
4. LÁMINA DE ZONAS DE VEDA
5. PLANO GENERAL DE LA RED DE TUBERÍAS
6. PLANO DE SECTORES SOCIOECONÓMICOS

### LÁMINAS DE DISTRITOS PITOMÉTRICOS

7. JARDINES DE CUERNAVACA
8. CUAUHNÁHUAC
9. CHIPITLÁN
10. ZAPATA
11. PLANO DE USO DE SUELO

# PLANO DE TOPOGRAFIA DE LA CD. DE CUERNAVACA (Plano No. 1)



### SIMBOLOGIA

CURVA MAESTRA A CADA 100 m.  
CURVA SECUNDARIA A CADA 20 m.  
ELEVACION EN METROS. 1:200

ESCALA GRÁFICA 1:2000

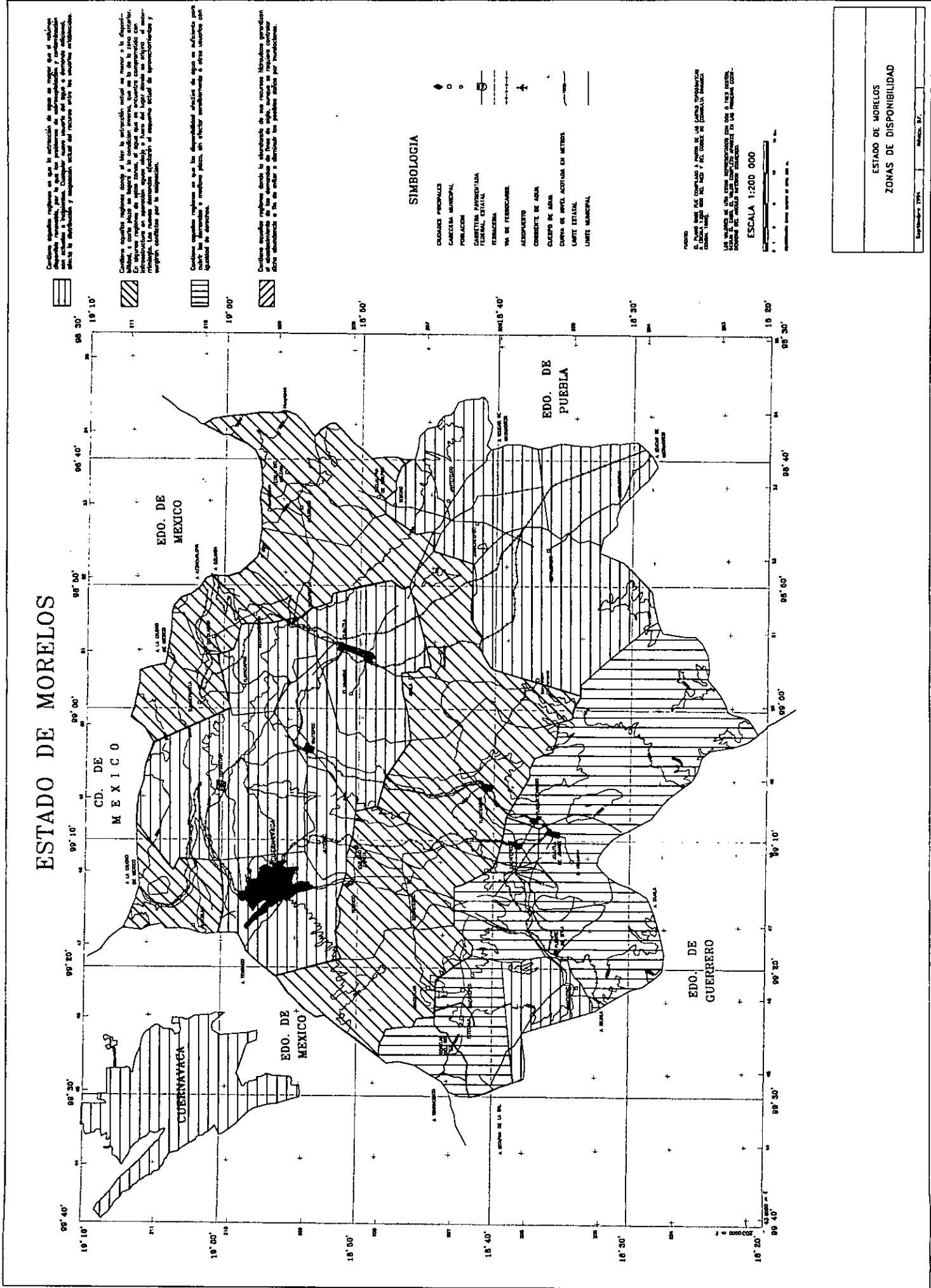
CIUDAD DE CUERNAVACA Y SU ZONA DE INFLUENCIA  
TOPOGRAFIA  
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA  
MEXICO, D.F.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>PROYECTO: ...</p> <p>FECHA: ...</p> <p>ESCALA: ...</p> | <p>PROYECTADO POR: ...</p> <p>REVISADO POR: ...</p> <p>APROBADO POR: ...</p> | <p>OPERA DE: ...</p> <p>ENCUADRE: ...</p> <p>IMPRESIÓN: ...</p> |
|---|--|---|



ZONAS DE DISPONIBILIDAD (Plano No. 2)

ESTADO DE MORELOS



Condición especial: regiones en las que la accesibilidad de agua es mayor que el volumen disponible, por lo que los problemas de disponibilidad de agua en estas zonas se relacionan más con la disponibilidad y disponibilidad actual de recursos que con las características físicas de las zonas.

Condición especial: regiones donde el tipo de irrigación actual es menor o la disponibilidad, y por lo tanto se requiere a la condición inversa, que es la de la zona anterior. En algunas regiones de estas zonas, el agua que se encuentra disponible con el tipo de irrigación actual, puede ser utilizada para otros tipos de irrigación, siempre que se cumplan las condiciones de disponibilidad.

Condición especial: regiones en las que la disponibilidad actual de agua es suficiente para cubrir las demandas y requisitos físicos, sin afectar necesariamente a otros usuarios con igualdad de derechos.

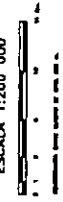
Condición especial: regiones donde la disponibilidad de sus recursos hídricos garantiza el cumplimiento de las demandas de agua de alta calidad, siempre que se mantenga constante el caudal mínimo y se evite el deterioro de la calidad del agua por contaminación.

SIMBOLOGIA

- CIUDADES MUNICIPALES
- CABECERA MUNICIPAL
- POBLACION
- CABECERA PARRISQUILANA FEDERAL, ESTADAL
- FERROCARRILERA
- VIA DE FERROCARRIL
- AEROPUERTO
- CORRIENTE DE AGUA
- CUERPO DE AGUA
- CURVA DE IMPER. ACTUAL EN METROS
- LIMITE ESTADAL
- LIMITE MUNICIPAL

PROYECTO:  
 1. ZONAS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ESTADO DE MORELOS  
 2. ZONAS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ESTADO DE GUERRERO  
 3. ZONAS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ESTADO DE PUEBLA  
 4. ZONAS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ESTADO DE OAXACA  
 5. ZONAS DE DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EL ESTADO DE QUERÉTARO

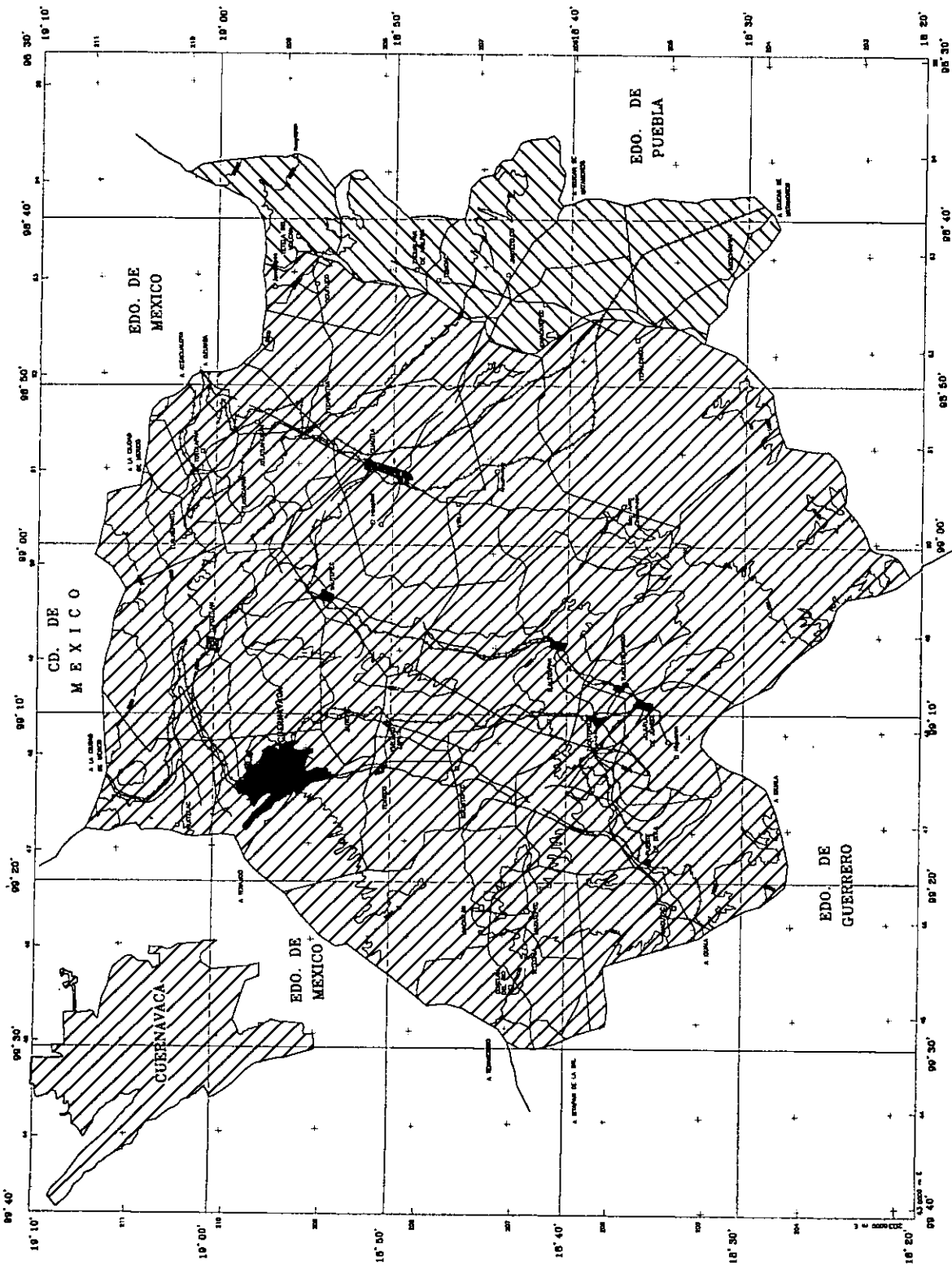
ESCALA 1:200 000



|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| ESTADO DE MORELOS       |             |
| ZONAS DE DISPONIBILIDAD |             |
| Escala: 1:200,000       | Fecha: 1974 |

ZONAS DE DISPONIBILIDAD

ESTADO DE MORELOS



- ZONA-1  $I \leq 1.4$
- ZONA-2  $1.4 < I \leq 3$
- ZONA-3  $3 < I < 9$
- ZONA-4  $I > 9$

CUENCAS CON RIOS EXIMIEROS, QUE CARECEN DE EST. HIDROMETRICAS \*  
 \* LA CONCESION DE AGUAS EN ESTAS CUENCAS DEBERA HACERSE BAJO ESTUDIOS ESPECIALES.

SIMBOLOGIA

- CUENCAS EXIMIEROS
- CABECERA MUNICIPAL
- POBLACION
- CARRETERA PAVIMENTADA
- FERRERIA
- TERMINAL
- VIA DE FERROCARRIL
- AEROPUERTO
- CONCRETE DE AGUA
- CUENCA DE AGUA
- CUENCA DE NIVEL ACOTADA EN METROS
- LIMITE ESTADAL
- LIMITE MUNICIPAL

NOTA:  
 EL PLANO FUE COMPILADO A PARTIR DE LAS CUENCAS INVENTARIADAS EN EL AÑO 1981 DEL PLAN Y DEL CONVENIO DE COLABORACION CON EL INIA.  
 LOS VALORES DE UNA CERTAIN CUENCA SON EL RESULTADO DE UN ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO.

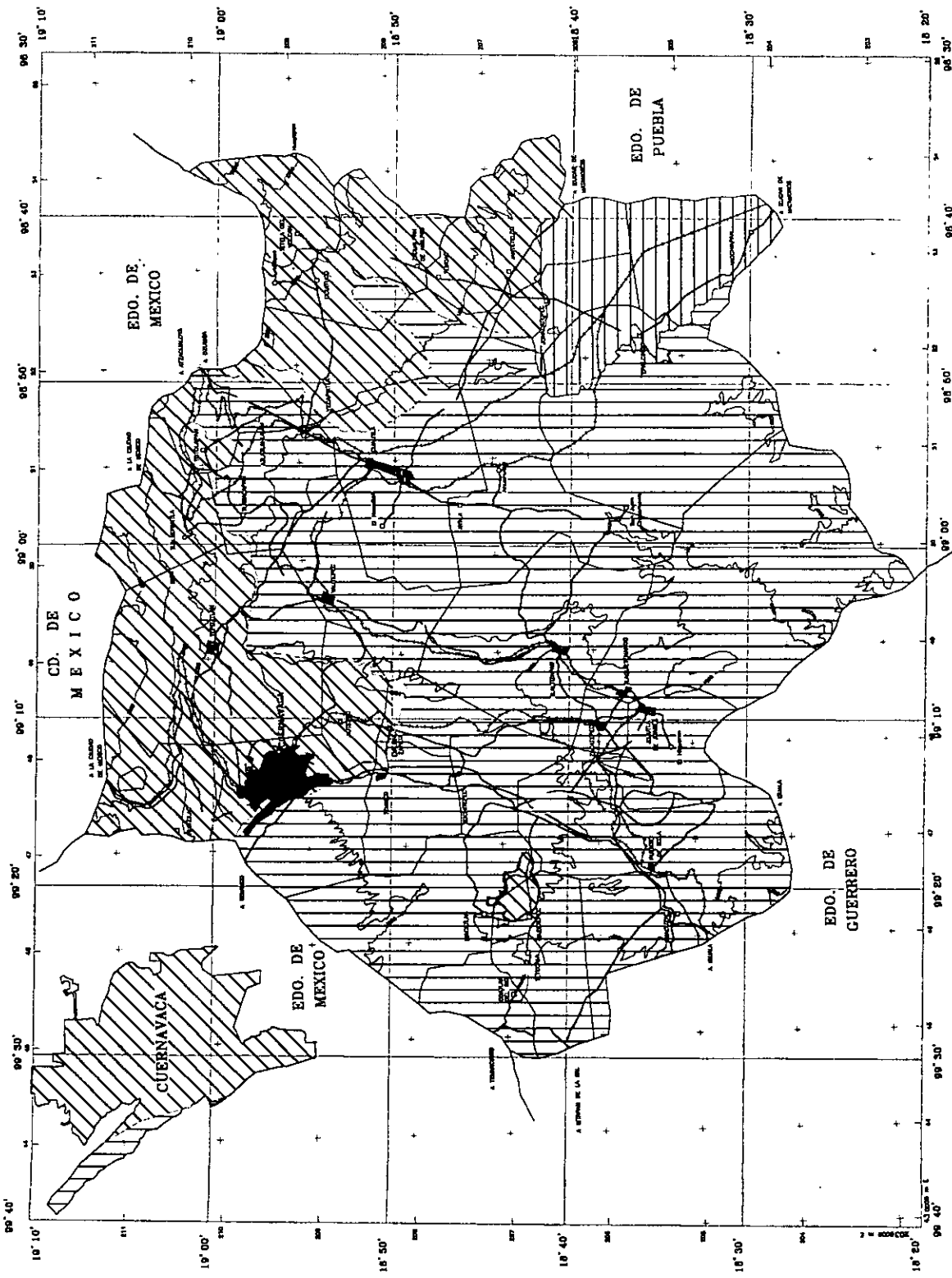
ESCALA 1:200 000



ESTADO DE MORELOS  
 DISPONIBILIDAD DE AGUAS SUPERFICIALES  
 Septiembre 1981

CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS (Lamina I)

ESTADO DE MORELOS



COND. GEOHIDROLÓGICAS

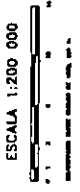
- ZONA DE EXPLOTACIÓN SOBRE EXPLOTADA
  - ZONA EN EQUILIBRIO
  - ZONA DE SUP-EXPLOTADA
- ZONA CON DESARROLLO MALA MEDIDA LAS EXTRACTORES DE AGUA SUBTERRÁNEA, SIN CUIDADO UNA A VELOCIDADES O ACTIVA USAR BOMBAS PROFUNDAS.
- ZONA EN QUE LA DEMANDA DE LOS MANOS ACERTADOS SOLO PARA LOSO PROFUNDAS.
- ZONA EN QUE LA CAPACIDAD PARA EXTRACTORES PARA CALIDADES USO.

SIMBOLOGIA

- Ciudades Principales
- Carretera Nacional
- Población
- Carretera pavimentada Federal, Estatal
- Terracería
- Via de Ferrocarriles
- Aeropuerto
- Corriente de Agua
- Cuerpo de Agua
- Curva de Nivel Acotada en Metros
- Limite Estatal
- Limite Municipal

FUENTE:  
 D. ALVARO RAMOS, POR COMPAÑIA A PARTIR DE LAS DATOS PERFORACIONES  
 CARRERA 1000 DEL N. 1000 Y DEL COMITÉ DE CONSULTA TÉCNICA  
 CARRERA 1000.

LOS VALORES DE UNO ESTÁN REPRESENTADOS POR LOS 0.1 DEZ MILÍMETROS.  
 EL VALOR DE UNO ESTÁN REPRESENTADOS POR LOS 0.1 DEZ MILÍMETROS.  
 EL VALOR DE UNO ESTÁN REPRESENTADOS POR LOS 0.1 DEZ MILÍMETROS.

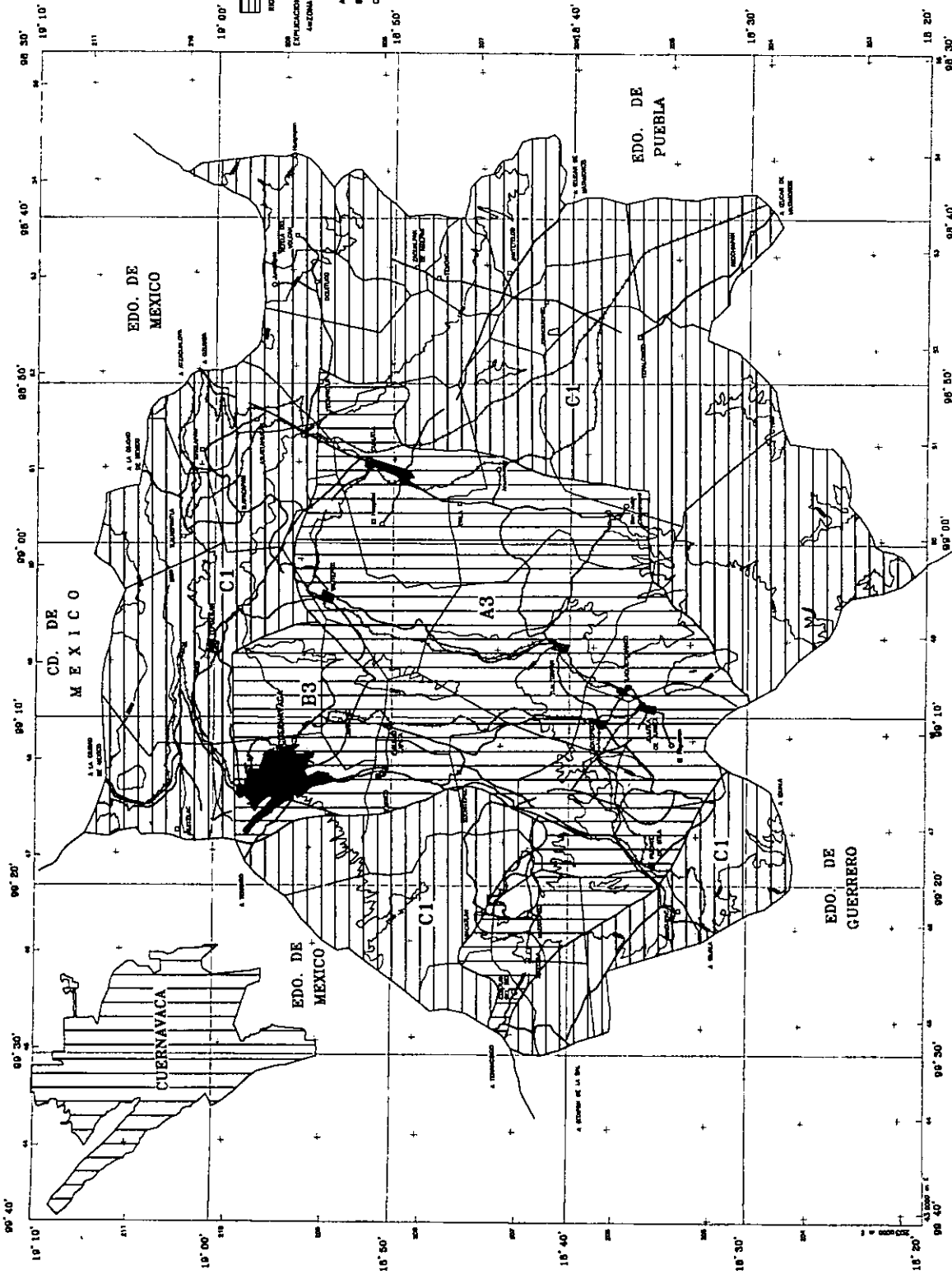


ESTADO DE MORELOS  
 CONDICIONES GEOHIDROLÓGICAS

Septiembre 1974      Hoja No. 21      Serie No. 2

LÁMINA DE ZONAS DE VEDA (PLANO No. 4)

ESTADO DE MORELOS



ZONAS DE VEDA

|  |             |                |               |
|--|-------------|----------------|---------------|
|  | FLEBLE      | FECHA DECRETOS | FECHA PUBLIC. |
|  | CONTROL     | 01/JUN/1960    | 11/JUN/1960   |
|  | ALIMENTARIO | 26/FEB/1962    | 16/MAR/1962   |
|  | LIBRE       | 07/JUN/1973    | 06/JUN/1973   |

EXPLICACION: 1-ZONA DE VEDA REGIONAL, 2-ZONA DE VEDA FLEBLE, 3-ZONA DE VEDA DE CONTROL, 4-ZONA DE LIBRE ALIMENTARIO, 5-IDENTIFICACION

A3 Decreto de Regio No. 16.  
 B3 Amp. Dec. de Regio No. 15.  
 C1 Decreto del Estado.

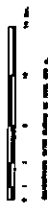
SIMBOLOGIA

- CABECERA MUNICIPAL
- POBLACION
- CARRETERA PAVIMENTADA FEDERAL, ESTATAL, Y MUNICIPAL
- TERMINUS
- VIA DE FERROCARRIL
- ADOPUIERTO
- CORRIENTE DE AGUA
- CUENCA DE AGUA
- LIMITE ESTATAL
- LIMITE MUNICIPAL

PLANTO  
 EL PLANO QUE SE COMPLETO A NIVEL DE LAS LINEAS INDICADAS  
 CORRESPONDEN AL ESTADO DE MORELOS Y DEL ESTADO DE GUERRERO Y  
 CUERNAVACA

LOS LINEAS DE ESTA ZONA IDENTIFICACION SON DE 8 METROS  
 ANCHO Y SE MARCAN CON LINEAS DE 2 METROS DE  
 ANCHO EN LOS PUNTOS DE IDENTIFICACION

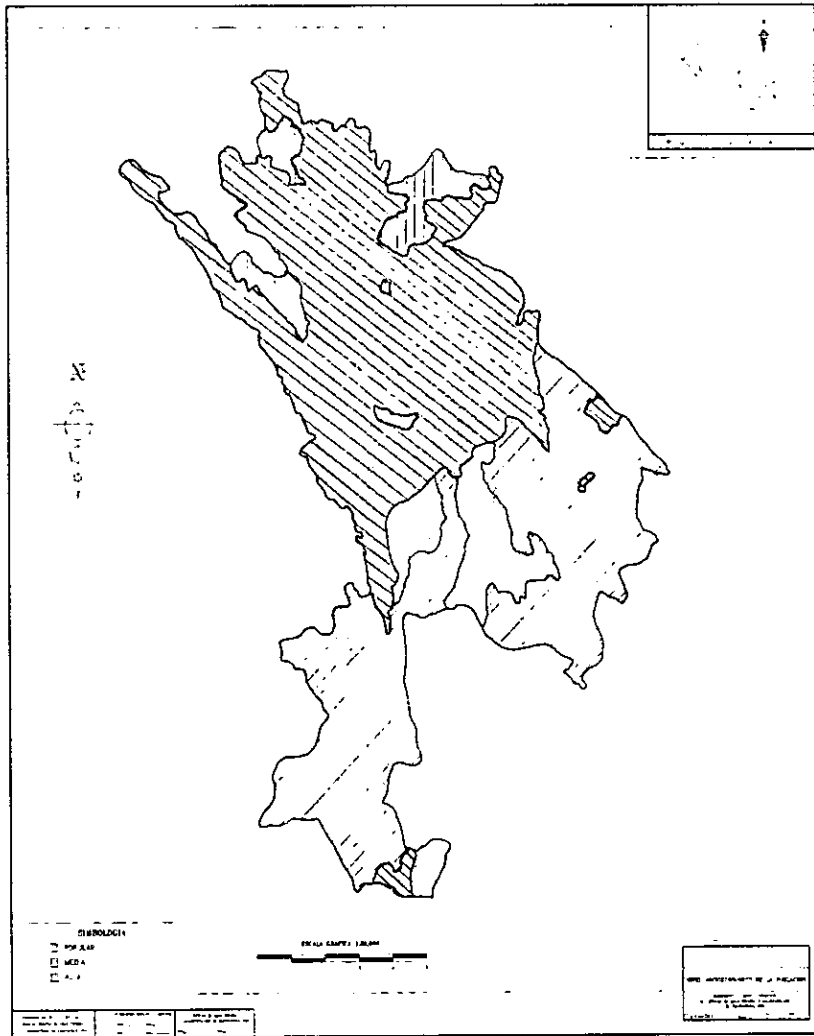
ESCALA 1:200 000



|                   |               |             |
|-------------------|---------------|-------------|
| ESTADO DE MORELOS | MORELOS, D.F. | PLANO No. 4 |
| ZONAS DE VEDA     |               |             |

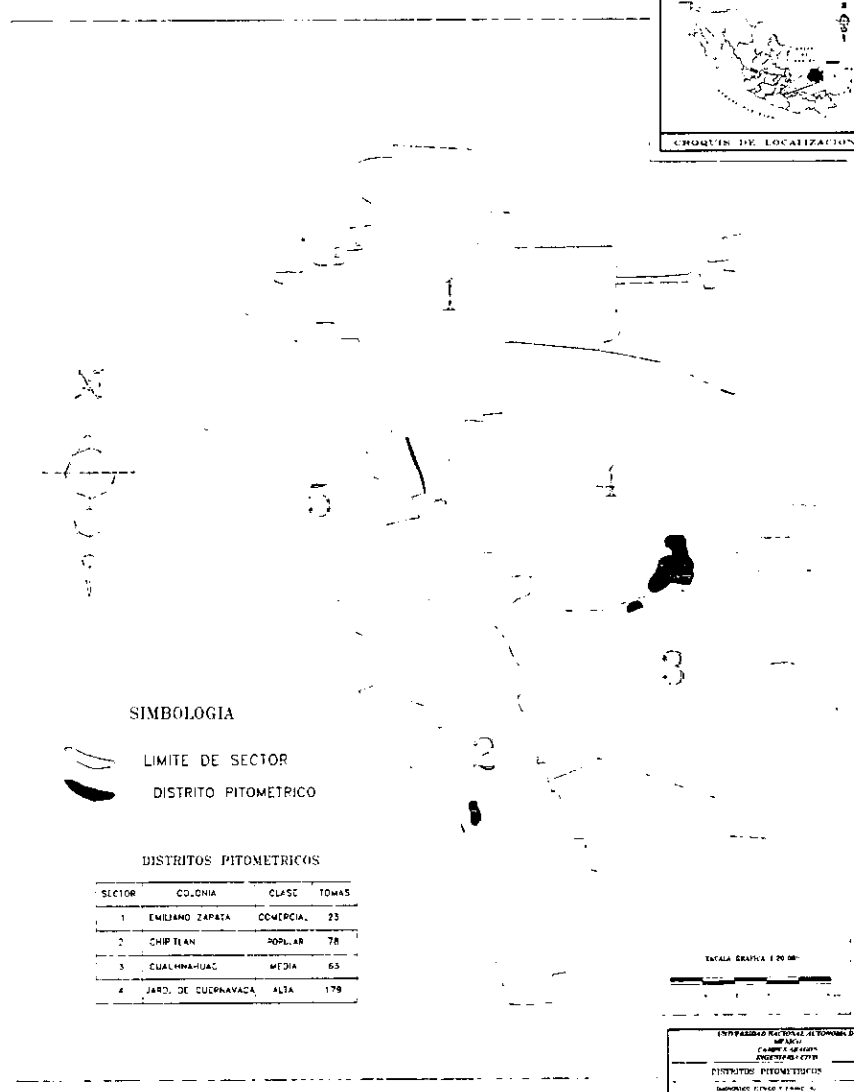


# PLANO No. 6 (SECTORES SOCIOECONOMICOS)







CRONOGRAMA DE LOCALIZACION



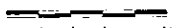
**SIMBOLOGIA**

-  LIMITE DE SECTOR
-  DISTRITO PITOMETRICO

**DISTRITOS PITOMETRICOS**

| SECTOR | COLOMIA             | CLASE     | TOMAS |
|--------|---------------------|-----------|-------|
| 1      | EMILIANO ZAPATA     | COMERCIAL | 23    |
| 2      | CHIPITLAN           | POPULAR   | 78    |
| 3      | CUALIMNAHUAC        | MEDIA     | 65    |
| 4      | JARD. DE CUERNAVACA | ALTA      | 179   |

ESCALA GRAFICA 1:50 000



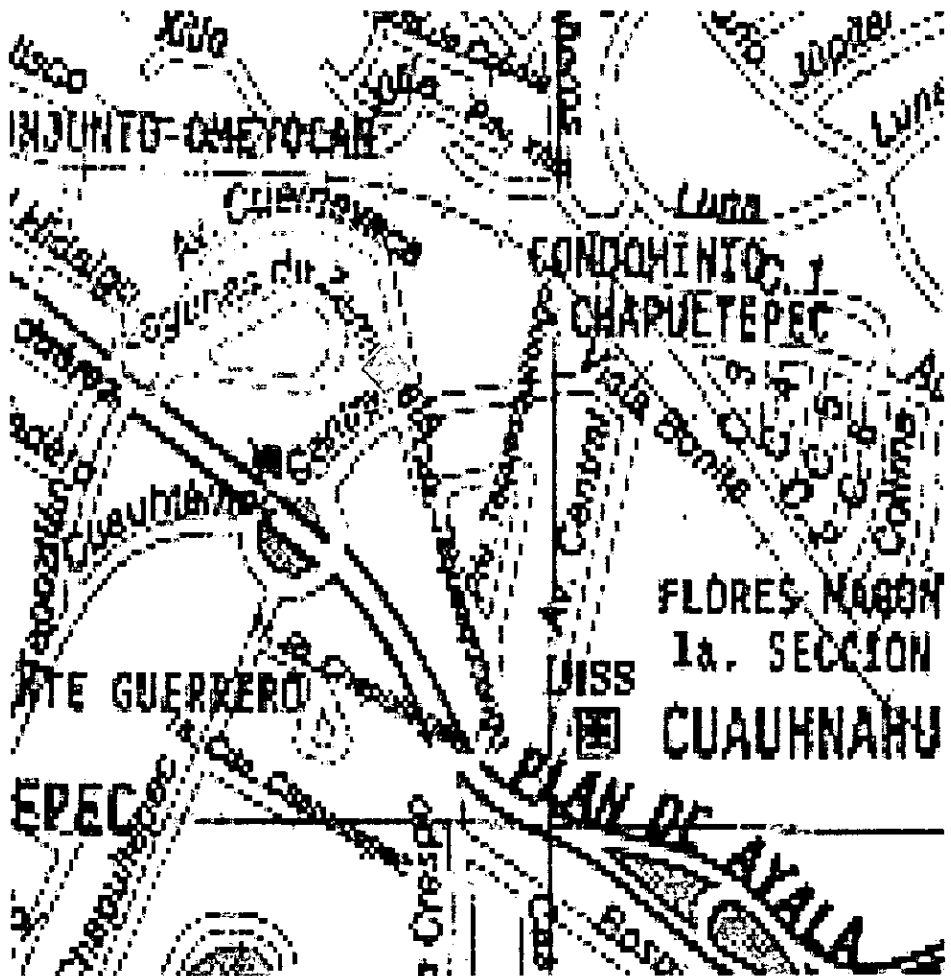
ENTRADA NACIONAL AUTONOMA DE OAXACA  
 COMISIÓN EJECUTIVA DE INGENIERIA CIVIL  
 DISTRITO PITOMETRICO  
 CUALIMNAHUAC, OAXACA  
 SUBCOMITÉ EJECUTIVO DE PLANIFICACION Y DESARROLLO URBANO Y REGIONAL  
 2008

Elaborado por: [Name]  
 Fecha: [Date]  
 Escala: [Scale]



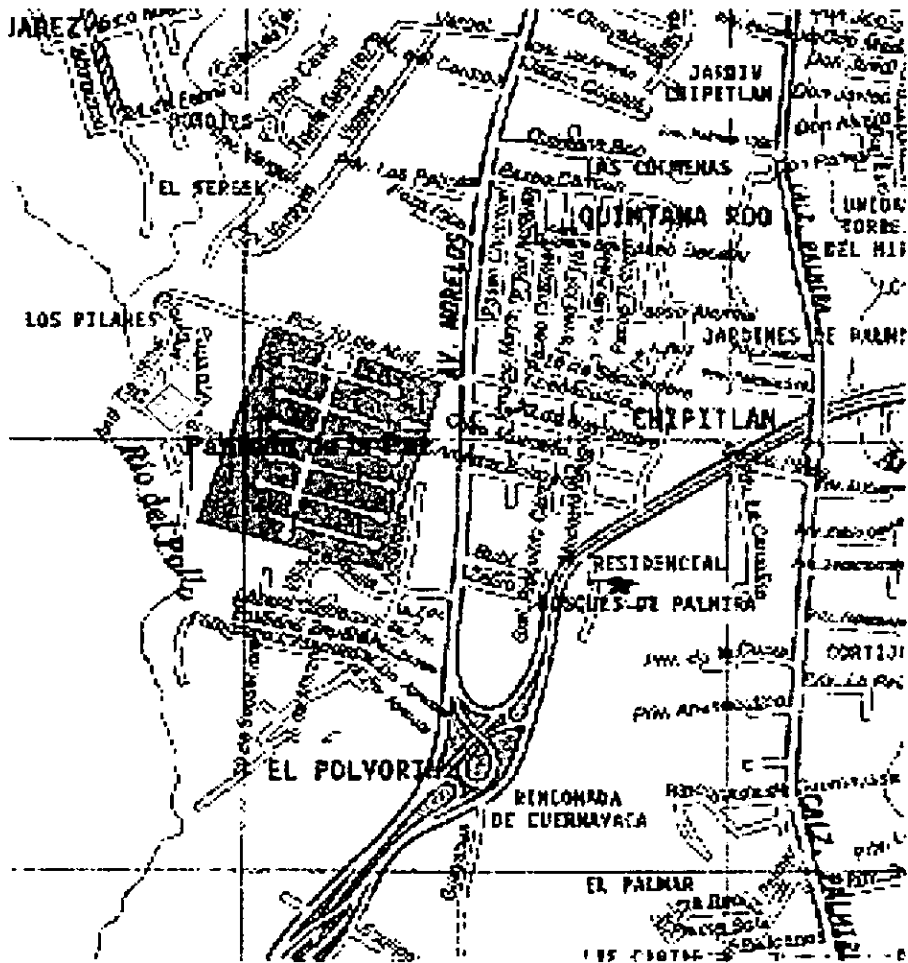


**DISTRITO PITOMETRICO CUAUHNAHUAC  
(ZONA MEDIA)  
PLANO No. 8**



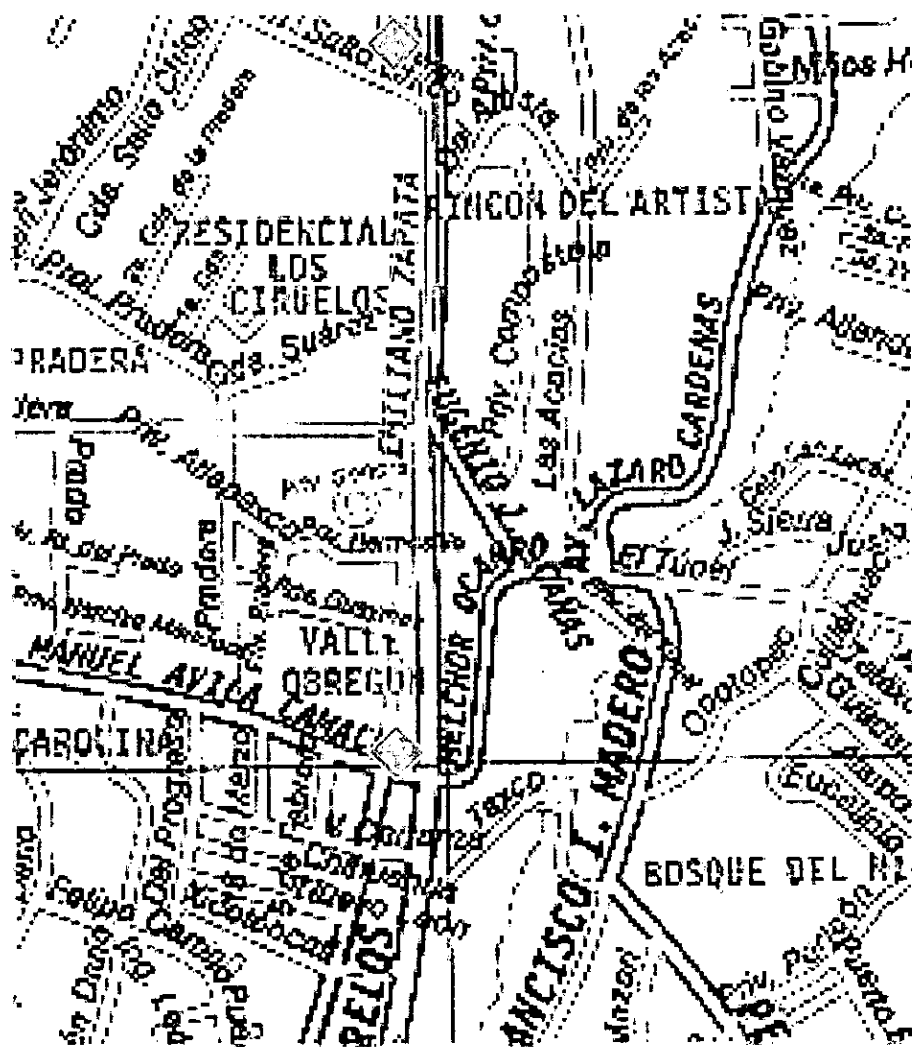
◇ ESTACION DE MEDICION

**DISTRITO PITOMETRICO CHIPITLAN  
(ZONA POPULAR)  
PLANO No. 9**



◇ ESTACION DE MEDICION

**DISTRITO PITOMETRICO ZAPATA  
(ZONA COMERCIAL)  
PLANO No. 10**



◊ ESTACION DE MEDICION



**ANEXO DE FORMATOS DE  
REGISTROS DE CAMPO**

## FORMATO PARA REVISION DE TOMAS

### 1.- DATOS GENERALES

|                     |  |  |            |  |             |       |
|---------------------|--|--|------------|--|-------------|-------|
| Nombre del usuario: |  |  | Domicilio: |  |             |       |
| Sector:             |  |  | Ciudad:    |  | Fecha:      | Hora: |
|                     |  |  |            |  | N° de Toma: |       |

### 2.- FRESIONES ( Kg/cm2 )

|          |      |      |           |      |      |          |               |
|----------|------|------|-----------|------|------|----------|---------------|
| Enfrente | Lado | Lado | Domicilio | Lado | Lado | Enfrente | Probable fuga |
|          |      |      |           |      |      |          |               |

### 3.- AFORO ANTES DE EXCAVAR ( 10 Litros )

|                |                         |                     |      |        |                                     |
|----------------|-------------------------|---------------------|------|--------|-------------------------------------|
| N° de Medición | Tiempo en el Cronómetro | 3-A.- Aforo Directo |      |        | Ubicación del Domicilio ( Croquis ) |
| 1              |                         | N°                  | Vol. | Tiempo |                                     |
| 2              |                         | 1                   |      |        |                                     |
| 3              |                         | 2                   |      |        |                                     |

### 4.- EXCAVACION

|   |         |            |           |      |                      |             |
|---|---------|------------|-----------|------|----------------------|-------------|
| Tipo de Pavimento a lo largo de la toma |         |            |           |      | Estado del Pavimento |             |
| Concreto                                | Asfalto | Terracería | Empedrado | Otro | Bueno                | Deteriorado |
|   |         |            |           |      |                      |             |

Profundidad respecto al nivel de la calle: \_\_\_\_\_ cm

|                          |       |          |        |         |      |        |       |
|--------------------------|-------|----------|--------|---------|------|--------|-------|
| MATERIALES DE EXCAVACION |       |          |        |         |      |        |       |
| Arena                    | Grava | Tezonite | Tierra | Arcilla | Roca | Piedra | Otros |
|                          |       |          |        |         |      |        |       |

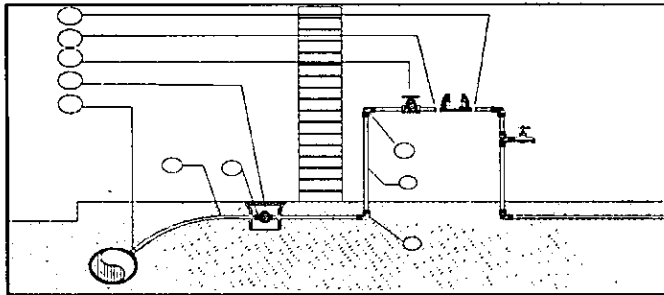
### 5.- ESTADO DE LA TUBERIA DE LA TOMA

|                    |                |       |         |       |                   |      |     |
|--------------------|----------------|-------|---------|-------|-------------------|------|-----|
| TIPO DE TUBERIA    |                |       |         |       | ESTADO DE TUBERIA |      |     |
| Fierro Galvanizado | Fierro fundido | Cobre | Asbesto | P V C | Poliducto         | Bien | Mal |
|                    |                |       |         |       |                   |      |     |

Diametro: \_\_\_\_\_ plg

### 6.- LUGAR DE FUGA

|           |       |      |         |                        |               |                    |      |
|-----------|-------|------|---------|------------------------|---------------|--------------------|------|
| Inserción | Niple | Codo | Tubería | Tuerca union del medio | Llave de paso | Llave del registro | Otro |
|           |       |      |         |                        |               |                    |      |



7.- TIPO DE FUGA

| Rajadura | Perforación | Rotura | Corte | Rosca Floja | Otros (Especificar) |
|----------|-------------|--------|-------|-------------|---------------------|
|          |             |        |       |             |                     |

8.- CAUSAS DE LA FUGA

|                           |  |
|---------------------------|--|
| 1 - Tubería Vieja         |  |
| 2 - Mala Instalación      |  |
| 3 - Peso de Vehículos     |  |
| 4 - Poca Profundidad      |  |
| 5 - Corrosión             |  |
| 6 - Calidad de Materiales |  |
| 7 - Alta Presión          |  |
| 8 - Temperatura           |  |

( Marcar la que corresponda )

9.- AFORO DE FUGA SIN SELLAR Y EXCAVADA (10 Lts)

| Nº de medición | Tiempo en el Cronómetro |
|----------------|-------------------------|
| 1              |                         |
| 2              |                         |
| 3              |                         |

10.- AFORO DE FUGA SELLANDO MOMENTANEAMENTE (10 Lts)

| Nº de medición | Tiempo en el Cronómetro |
|----------------|-------------------------|
| 1              |                         |
| 2              |                         |
| 3              |                         |

11.- REPARACION: HORA DE TERMINACION \_\_\_\_\_ Hrs.

| Lista de Materiales Empleados | Tipo de Reparación           |
|-------------------------------|------------------------------|
|                               | 1.- Cambio de Toma           |
|                               | 2.- Sustitución de Unión     |
|                               | 3.- Sustitución de Llave     |
|                               | 4.- Sustitución de Inserción |
|                               | 5.- Sello de Hule            |
|                               | 6.- Otros                    |

PRESIÓN EN LA TOMA : \_\_\_\_\_ Kg/cm<sup>2</sup>

| Observaciones: |
|----------------|
|                |
|                |
|                |
|                |
|                |
|                |

Nº de Personas de la Brigada: \_\_\_\_\_

## VERIFICACION A MICROMEDIDORES

|            |  |         |  |
|------------|--|---------|--|
| Domicilio: |  | Numero: |  |
|            |  | Sector: |  |
| Nombre:    |  | Fecha:  |  |

### CARACTERISTICAS DEL MEDIDOR

|                     |          |
|---------------------|----------|
| Marca:              |          |
| Modelo:             |          |
| Diametro Nominal:   | (Pulg)   |
| Gasto Nominal:      | (m3/hr)  |
| N° de Serie:        |          |
| Presión de la toma: | (Kg/cm2) |

| Concentración de Aire | Medición (ml) |
|-----------------------|---------------|
| 1                     |               |
| 2                     |               |
| 3                     |               |
| Promedio              |               |
| Volumen Patrón        |               |

### PRUEBA DE SENSIBILIDAD ( Norma DGN-CH-1968)

| NUMERO | VOLUMEN (Lts) | TIEMPO (Seg) |  | OBSERVACIONES |
|--------|---------------|--------------|--|---------------|
| 1.1    |               |              |  |               |
| 1.2    |               |              |  |               |
| 1.3    |               |              |  |               |

### PRUEBA DE EXACTITUD ( Normas ISO 4064/III - DGN-CH-1968)

| NUMERO | VOL. PATRON | LECT. INICIAL (Lts) | LECT. FINAL (Lts) | TIEMPO (Seg) | ABERTURAS             |
|--------|-------------|---------------------|-------------------|--------------|-----------------------|
| 1.1    | 5           |                     |                   |              | 1/3 de Abertura Total |
| 1.2    | 5           |                     |                   |              | 1/3 de Abertura Total |
| 1.3    | 5           |                     |                   |              | 1/3 de Abertura Total |
| 2.1    | 7           |                     |                   |              | 2/3 de Abertura Total |
| 2.2    | 7           |                     |                   |              | 2/3 de Abertura Total |
| 2.3    | 7           |                     |                   |              | 2/3 de Abertura Total |
| 3.1    | 10          |                     |                   |              | Abertura Total        |
| 3.2    | 10          |                     |                   |              | Abertura Total        |
| 3.3    | 10          |                     |                   |              | Abertura Total        |

Observaciones:

|  |
|--|
|  |
|  |



## ENCUESTA A USUARIOS EN DISTRITOS PITOMETRICOS

Distrito Pitometrico

Numero:

Nombre del usuario

Sector:

Dirección

Colonia:

Numero de Habitantes

Tipo de Servicio

### Datos del Medidor:

Marca:

Numero de Medidor:

Cisterna (m3)

Tanque (m3)

Tinaco (m3)

Alberca (m2)

Jardines (m2)

Presión en la Toma (Kg/cm2)

Numero de Baños:

Retretes Tradicionales (16 Lts)

Retrete (6 Lts)

Usa Lavadora de Ropa:

Existen Fugas Internas

Observaciones:

### INSPECCION DE PROBABLES FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS

|  |      |      |           |             |      |          |               |
|--|------|------|-----------|-------------|------|----------|---------------|
| DATOS GENERALES:   |      |      |           | SECTOR:     |      |          |               |
|  |      |      |           | N° DE TOMA: |      |          |               |
| NOMBRE DEL USUARIO   |      |      |           |             |      |          |               |
| DOMICILIO:   |      |      |           | FECHA:      |      | HORA:    |               |
| CRUQUIS DE LOCALIZACION:   |      |      |           |             |      |          |               |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px;"></div> </div><br><div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px;"></div> </div> |      |      |           |             |      |          |               |
| PRESIONES ( Kg/cm2)  |      |      |           |             |      |          |               |
| ENFRENTA   | LADO | LADO | DOMICILIO | LADO        | LADO | ENFRENTA | PROBABLE FUGA |
|  |      |      |           |             |      |          | SI ( ) NO ( ) |

### INSPECCION DE PROBABLES FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS

|  |      |      |           |             |      |          |               |
|--|------|------|-----------|-------------|------|----------|---------------|
| DATOS GENERALES:   |      |      |           | SECTOR:     |      |          |               |
|  |      |      |           | N° DE TOMA: |      |          |               |
| NOMBRE DEL USUARIO   |      |      |           |             |      |          |               |
| DOMICILIO:   |      |      |           | FECHA:      |      | HORA:    |               |
| CRUQUIS DE LOCALIZACION:   |      |      |           |             |      |          |               |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px;"></div> </div><br><div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px;"></div> </div> |      |      |           |             |      |          |               |
| PRESIONES ( Kg/cm2)  |      |      |           |             |      |          |               |
| ENFRENTA   | LADO | LADO | DOMICILIO | LADO        | LADO | ENFRENTA | PROBABLE FUGA |
|  |      |      |           |             |      |          | SI ( ) NO ( ) |

### INSPECCION DE PROBABLES FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS

|  |      |      |           |             |      |          |               |
|--|------|------|-----------|-------------|------|----------|---------------|
| DATOS GENERALES:   |      |      |           | SECTOR:     |      |          |               |
|  |      |      |           | N° DE TOMA: |      |          |               |
| NOMBRE DEL USUARIO   |      |      |           |             |      |          |               |
| DOMICILIO:   |      |      |           | FECHA:      |      | HORA:    |               |
| CRUQUIS DE LOCALIZACION:   |      |      |           |             |      |          |               |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px;"></div> </div><br><div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 150px; height: 50px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 50px;"></div> </div> |      |      |           |             |      |          |               |
| PRESIONES ( Kg/cm2)  |      |      |           |             |      |          |               |
| ENFRENTA   | LADO | LADO | DOMICILIO | LADO        | LADO | ENFRENTA | PROBABLE FUGA |
|  |      |      |           |             |      |          | SI ( ) NO ( ) |

## INSTALACION DE MICROMEDIDORES ESTUDIO DE DOTACION

|                      |                      |  |
|----------------------|----------------------|--|
| Distrito Pitométrico | Sector:              |  |
|                      | Nº de Medidor        |  |
|                      | Fecha de Instalación |  |

|   |  |
|---|--|
| Marca y Modelo del Medidor:             |  |
| Nº de Serie                             |  |
| Nº de Contrato:                         |  |
| Nombre del Usuario                      |  |
| Domicilio:                              |  |
| Croquis de Localización                 |  |
|   |  |
| Nº de Personas que habitan normalmente: |  |
| Tipo de Consumidor:                     |  |

| TIPO DE ABASTECIMIENTO |          |     |                   |
|------------------------|----------|-----|-------------------|
| TINACO                 | CISTERNA | RED | OTROS ESPECIFICAR |
|                        |          |     |                   |

| LECTURA DEL MEDIDOR |         |               |                        |
|---------------------|---------|---------------|------------------------|
| FECHA               | LECTURA | CONSUMO (Lts) | DOTACION (Lts/Hab/Día) |
|                     |         |               |                        |
|                     |         |               |                        |
|                     |         |               |                        |
|                     |         |               |                        |
|                     |         |               |                        |
| Promedio            |         |               |                        |

# **BIBLIOGRAFIA**

- ✓ CONTROL DE FUGAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN  
Libro 2, 2ª Sección, Tomo 4  
Comisión Nacional del Agua (C.N.A. 1990).
  
- ✓ MANUAL DE DISEÑO DE AGUA POTABLE  
Subdirección General de Infraestructura Hidráulica  
Comisión Nacional del Agua (C.N.A. 1995).
  
- ✓ ANUARIO ESTADISTICO DEL ESTADO DE MORELOS  
(INEGI 1995)
  
- ✓ CONTEO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA DEL ESTADO DE MORELOS  
Resultados Definitivos de Morelos  
(INEGI 1995)
  
- ✓ PLAN MAESTRO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA 1992
  
- ✓ ORGANIZMO OPERADOR DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y  
ALCANTARILLADO DE CUERNAVACA  
(SAPAC), MORELOS.