



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CAMPUS ARAGON

**“REHABILITACIÓN DE REDES SECUNDARIAS  
DE AGUA POTABLE Y SUSTITUCIÓN DE RAMALES  
CON TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD”**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TITULO DE

**LIC. EN INGENIERIA CIVIL**

**P R E S E N T A:**

**EDGAR ALFREDO CABALLERO GUZMÁN**

**ASESOR:**

**ING. MARIDEL ZARATE MORALES**

**MEXICO**

**2010**





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.

*"NO HAY QUE CONFUNDIR NUNCA EL CONOCIMIENTO CON LA SABIDURIA EL PRIMERO NOS SIRVE PARA GANARNOS LA VIDA; LA SABIDURIA NOS AYUDA A VIVIR"*

Sorcha Carey (1943 -?)

*PROFESORA DE ARTE CLASICO*

*CON MUCHO AMOR Y CARIÑO PARA MIS PADRES*

*ESPOSA, HIJOS, Y HERMANAS*

*ALFREDO, ISABEL, MARTHA, VALERIA, DONOVAN*

*ADRIANA Y MARIANA*

*GRACIAS POR CREER EN MI...!*

*USTEDES SABEN QUE NO LES PODIA FALLAR*

*"EL QUERER ES PODER"*

## AGRADECIMIENTOS

El cometer errores y superarlos, me han hecho crecer en lo personal y profesionalmente.

Toda mi gratitud a la Ing. Maridel Zarate Morales por su tiempo, asesoría, consejos para lograr dar este gran pasó en mi vida profesional, mil gracias.

Martha mi esposa, que siempre desde hace ya 12 años ha estado conmigo, gracias por tu apoyo, por ser una gran profesional y súper mama, principalmente por darme las fuerzas necesarias para lograr terminar con mi carrera profesional. Además traer a mi vida a mis dos grandes amores, que son todo para mi, Valeria y Donovan mis hijos, grandes tesoros, gracias por estar y hacer que vea la vida con otra perspectiva, los quiero, deben de saber que siempre estaré con ustedes, como padre y como un buen amigo, gracias.

A mi madre Isabel y mi padre Alfredo que con mucho esfuerzo, trabajo, ahincó, y que a base de consejos, han logrado formar un hombre responsable, y honesto. Ustedes que fueron los maestros para dar mis primeros pasos, y enseñarme a escribir las primeras letras, por todos sus principios enseñados aplicados a mi persona, sinceramente no tengo más palabras que decir, solo gracias, muchas gracias, por confiar en mí, porque al terminar mi licenciatura, les entrego este título, que es lo mínimo que ustedes se merecen. Y doy gracias a Dios por haber crecido en un hogar lleno de amor, como siempre ha sido todo este tiempo nuevamente gracias.

Mi agradecimiento es a cada una de las personas, que con regaños, llamadas de atención y consejos han logrado que termine esta etapa de mi vida, empezando por antiguos y nuevos amigos que mostraron ser muy tolerables con mi persona, y para aquellos que fueron mis maestros al ejercer diferentes actividades en mi vida.

A mi hermana Adriana por su ser mi compañera, y amiga en toda mi vida, gracias por tu apoyo todo este tiempo además de ser un ejemplo de constancia, responsabilidad y profesionalismo, te quiero.

A ti hermanita Mary porque admiro las ganas de vivir y salir adelante, Al darme una lección de vida y superación desde que eras una pequeña, gracias porque cada vez me sorprendes mas, gracias pequeña, las quiero.

# INDICE

INDICE-----	4
INTRODUCCION-----	8
ANTECEDENTES-----	10
OBJETIVO -----	16

## CAPÍTULO I

### TRASCENDENCIA DEL AGUA EN LA VIDA

1.1 Agua elemento vital-----	18
1.2 Origen del agua-----	18
1.2.1 Contaminantes-----	19
1.2.2 Fuentes de abastecimiento-----	20
1.3 Importancia y distribución-----	21
1.3.1 Características del agua-----	22
1.3.2 El agua en el cuerpo humano-----	23
1.4 Ciclo del agua-----	24
1.4.1 Procesos del agua-----	25
1.5 Comportamientos e intercambios de agua-----	26
1.5.1 Tiempo de duración natural del agua en el planeta-----	27

## CAPÍTULO II

### AGUA Y SU ENTORNO

2.1 Energía del agua-----	28
2.2 ¿Quién consume mas agua...?-----	28
2.2.1 Agua virtual en productos agrícolas, agroindustriales e industriales-----	29
2.2.2 ¿Quiénes desperdician más?-----	29
2.3 Contaminación del agua-----	30
2.4 Efectos de la contaminación-----	31
2.4.1 Y quienes... contaminan más...?-----	31
2.4.2 La sobreexplotación de mantos acuíferos-----	32
2.5 Política actual / Plan Nacional Hidráulico (2001-2006)-----	33
2.6 Normatividad acerca del agua-----	35
2.7 Agua y Salud-----	36
2.8 Fuentes de control-----	39
2.9 Naturaleza de las aguas residuales-----	40
2.9.1 Tratamiento primario-----	43
2.9.2 Tratamiento Secundario-----	44

### CAPÍTULO III DELEGACIÓN IZTAPALAPA Y SU ESCASEZ DE AGUA

3.1	Antecedentes del agua en el Valle de México -----	47
3.1.1	Calidad del agua en México -----	48
3.2	Zonificación del Valle de México -----	48
3.2.1	Referencias físicas de la delegación Iztapalapa -----	50
3.2.2	Localización -----	51
3.2.3	Población -----	51
3.3	Problemática de escasez de agua potable en Iztapalapa-----	54
3.4	Fugas y más fugas se reparan en el Distrito Federal, con pico y pala -----	55
3.5	Suministro móvil por medio de pipas-----	56
3.5.1	¡Quince días sin agua...!-----	57
3.5.2	La escasez de agua en la Ciudad de México -----	58
3.5.3	En la insaciable ciudad, Iztapalapa es la que pasa sed -----	62
3.6	El sistema de aguas asegura que dará una solución para los millón y medio de habitantes-----	64
3.6.1	Desabasto obliga a Iztapalapa adquirir líquido-----	65
3.6.2	Aplica Iztapalapa plan emergente por agua -----	65
3.6.3	Distribuyen 19 millones de litros de agua -----	66

### CAPITULO IV TUBERIAS RECOMENDABLES PARA AGUA POTABLE

4.1	Ventajas y desventajas en el uso de tuberías de polietileno de alta densidad utilizadas para rehabilitar redes de tubería de agua potable -----	67
4.2	¿Qué es el polietileno de alta densidad?-----	70
4.3	Características de la tubería de polietileno de alta densidad-----	71
4.4	Elementos del sistema en la distribución de agua -----	77
4.5	Ineficiencias en la operación de la red -----	78
4.6	Operación de la red a rehabilitar -----	78
4.7	Interferencias -----	79

### CAPITULO V METODO DE REHABILITACIÓN

5.1	Método de rehabilitación para la sustitución e instalación de redes de distribución y ramales en toma domiciliaria con tuberías de polietileno de alta densidad. -----	81
5.2	Elaboración de proyecto para su aprobación -----	85
5.2.1	Coordinación con dependencias de gobierno y empresas privadas-----	85
5.2.2	Entrega de avisos a usuarios de inicio de actividades -----	86

5.2.3	Colocación de mantas informativas -----	88
5.2.4	Colocación de señalización -----	89
5.3	Trazo de ejes en arroyo, banquetas, red y ramales -----	90
5.3.1	Realización de calas para verificar la existencia de instalaciones subterráneas ---	91
5.3.2	Corte de pavimento o concreto hidráulico -----	93
5.3.3	Demolición de pavimento o concreto hidráulico-----	93
5.4	Excavación en ventanas de banqueta, arroyo y lanzamiento -----	94
5.4.1	Afine de talud -----	95
5.4.2	Paso peatonal y vehicular -----	96
5.5	Termofusión de tubería de "pead"-----	97
5.5.1	Electrofusión de tubería -----	102
5.5.2	Prueba hidrostática -----	103
5.6	Ubicación y apertura de cajas -----	105
5.6.1	Demolición de muro en cajas de válvulas-----	106
5.6.2	Cierre de válvulas -----	106
5.6.3	Desconexión y seccionamiento de tuberías en red -----	107
5.6.4	Bombeo de achique -----	107
5.7	Condiciones de válvulas en cajas -----	108
5.7.1	Existencia de cruceros -----	108
5.7.2	Carga y acarreo de tubería-----	109
5.8	Colocación de equipo de rompimiento "HB-38" e introdeslizamiento -----	109
5.9	Lanzamiento de tubería de pead con "HB-38" -----	111

## CAPITULO VI

### METODO DE REHABILITACIÓN CON TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

6.1	Rehabilitación utilizando martillo neumático "TOPO"-----	113
6.2	Lanzamiento de "topo" para sustitución de ramales-----	117
6.3	Colocación de tubería de "pead" para ramales -----	118
6.4	Termofusión de silleta y ramal en tubería -----	119
6.5	Conexión de ramal al cuadro del medidor-----	121
6.6	Retiro y transportación de equipo "HB" -----	122
6.7	Sustitución de piezas especiales según su estado físico-----	123
6.8	Termofusión de stub-end de PEAD y conexión a piezas especiales y/o válvulas -----	123
6.9	Colocación de atraques-----	123
6.10	Reparación de muro en cajas de válvulas -----	125
6.11	Rellenos en excavación compactados 90% PROCTOR-----	126
6.12	Firme de concreto simple en pisos -----	127
6.13	Barrido fino-----	127
6.14	Preparación de ventanas para asfaltar-----	128



6.15	Tendido de asfalto-----	129
6.16	Retiro de señalización -----	130
6.17	Limpieza final-----	130
6.18	Elaboración de planos finales-----	130
CONCLUSIONES -----		131
INFORME FINAL-----		135
DESARROLLO -----		136
AVANCES FISICOS Y FINANCIEROS -----		140
GLOSARIO DE TERMINOS -----		142
INFORMACION DE APOYO -----		144
BIBLIOGRAFIA -----		145
HEMEROGRAFIA -----		145
ANEXOS-----		146



## INTRODUCCION

Existen todavía, en la República Mexicana (año 2009) 13 millones de mexicanos que no cuentan con agua potable entubada. Mucho más allá de la problemática urbana del agua, la situación hídrica del país está muy debilitada por la sobreexplotación de los mantos acuíferos y la contaminación, entre otros factores. La falta de concientización por parte de la población y la falta de recursos son definitivamente las principales causas del problema.

El agua se encuentra disponible en escurrimientos superficiales cuyo volúmen promedio se estima en 410,164 millones de  $m^3$  anuales. Estos escurrimientos se distribuyen en 320 cuencas hidrológicas, en la vertiente del Pacífico las más importantes son las de los ríos Yaqui, Fuerte, Mezquital, Lerma, Santiago y Balsas, y en la vertiente del Golfo de México las cuencas de los ríos Bravo, Pánuco, Papaloapan, Grijalva y Usumacinta, y la del río Nazas, entré las cuencas endorreicas.

Se considera que el volúmen medio anual de los ríos en México es de 360 millones de  $m^3$ . Cerca del 60 % de este caudal lo aportan siete ríos que drenan el 27 % del territorio, lo que indica una distribución desequilibrada.

Es un problema grave la distribución del agua debido a que el 80% de los recursos hídricos se encuentran por debajo de los 500m sobre el nivel del mar y aun nivel mayor se encuentra asentada mas del 70% de la población total y se desarrolla el 80% de la actividad industrial. El 55% de la actividad industrial se encuentra en el valle de México a más de 2000 m de altitud lo que genera graves problemas de abastecimiento de agua.

El agua subterránea es otra fuente importante de este recurso, sobre todo en aquellas regiones donde no existen escurrimientos superficiales considerables. Se ha estimado en 17,406 millones de  $m^3$  el promedio de la recarga anual y en 16,395 millones de  $m^3$  de extracción, así como en 110,350 millones de  $m^3$  el volúmen total de almacenamiento.

Para aprovechar este recurso el país cuenta con un sistema de obras hidráulicas para almacenamiento de 125,000 millones de  $m^3$  y en lagos y lagunas 14,000 millones de  $m^3$  que en total corresponde al 34 % del escurrimiento anual. Se estima que se pierde por evaporación 9,300 millones de  $m^3$  anuales en los cuerpos de almacenamiento del país.

Sólo el 5% del líquido contenido en ríos, lagos y presas está libre de contaminación. Si no se toman medidas a corto plazo, en 10 años el panorama se radicalizará.



Para entender este problema se tendrían que revisar los siguientes factores, que se traducen en graves problemas:

#### Subsidios excesivos

- El 30% del valor del agua la pagan los usuarios.
- El 70% restante es absorbido por el gobierno.

Esto provocará una crisis nacional a fuego lento.

#### Desperdicio

Cada año se extraen 72,000.00 millones de m.<sup>3</sup> de agua en todo el país, el 40% de este total se pierde en fugas y debido al descuido y negligencia de los usuarios de este recurso natural.

#### Contaminación

- 5% del agua dulce en México, está libre de contaminación.
- 22% es de calidad aceptable.
- 49% poco contaminada.
- 15% contaminada.
- 7% altamente contaminada.
- 2% contiene tóxicos.

#### SOBREEXPLOTACIÓN

96 de los 653 acuíferos de México (alimentados con agua filtrada de la superficie) están sobre-explotados y estos proveen del 50% del agua que consume el país. Tan solo en el distrito federal estos proveen 42 m.<sup>3</sup>/s



## ANTECEDENTES

El problema: falta de agua

Mientras que en muchos lugares el agua limpia y fresca se da por hecho, en otros es un recurso escaso debido a la falta de agua o a la contaminación de sus fuentes. Aproximadamente 1.100 millones de personas, es decir, el 18 por ciento de la población mundial, no tienen acceso a fuentes seguras de agua potable, y más de 2.400 millones de personas carecen de saneamiento adecuado. En los países en desarrollo, más de 2.200 millones de personas, la mayoría de ellos niños, mueren cada año a causa de enfermedades asociadas con la falta de acceso al agua potable, saneamiento inadecuado e insalubridad. Además, gran parte de las personas que viven en los países en desarrollo sufren de enfermedades causadas directa o indirectamente por el consumo de agua o alimentos contaminados o por organismos portadores de enfermedades que se reproducen en el agua. Con el suministro adecuado de agua potable y de saneamiento, la incidencia de contraer algunas enfermedades y consiguiente muerte podrían reducirse hasta en un 75%. La carencia de agua potable se debe tanto a la falta de inversiones en sistemas de agua como a su mantenimiento inadecuado. Cerca del 50 % del agua en los sistemas de suministro de agua potable en los países en desarrollo se pierde por fugas, conexiones ilegales y vandalismo.

En algunos países, el agua potable es altamente subsidiada para aquellos conectados al sistema, generalmente personas en una mejor situación económica, mientras que la gente pobre que no está conectada al sistema depende de vendedores privados costosos o de fuentes inseguras.

Los problemas de agua tienen una importante implicación de género. Con frecuencia en los países en desarrollo, las mujeres son las encargadas de transportar el agua. En promedio, estas tienen que recorrer a diario distancias de 6 kilómetros, cargando el equivalente de una pieza de equipaje, o 20 kilogramos. Las mujeres y las niñas son las que más sufren como resultado de la falta de servicios de saneamiento.

La mayor parte del agua dulce, aproximadamente el 70% del líquido disponible mundialmente se utiliza en la agricultura.

Sin embargo, la mayoría de los sistemas de irrigación son ineficientes: pierden alrededor del 60 % del agua por la evaporación o reflujos a los ríos y mantos acuíferos.



La irrigación ineficiente desperdicia el agua y también provoca riesgos ambientales y de salud, tales como la pérdida de tierra agrícola productiva debido a la saturación, un problema grave en algunas áreas del sur de Asia; asimismo, el agua estancada provoca la transmisión de la malaria.

El consumo de agua en algunas áreas ha tenido impactos dramáticos sobre el medio ambiente. En áreas de los Estados Unidos, China y la India, se está consumiendo agua subterránea con más rapidez de la que se repone, y los niveles hidrostáticos disminuyen constantemente. Algunos ríos, tales como el Río Colorado en el oeste de los Estados Unidos y el Río Amarillo en China, con frecuencia se secan antes de llegar al mar.

Debido a que los suministros de agua dulce son el elemento esencial que permite la supervivencia y el desarrollo, también han sido, a veces, motivo de conflictos y disputas, pero a la vez, son una fuente de cooperación entre personas que comparten los recursos del agua. A la par del aumento de la demanda del líquido vital, las negociaciones sobre la asignación y administración de los recursos del agua son cada vez más comunes y necesarias.

Existen dificultades para la satisfacción de la demanda de agua que los habitantes requieren como el gran crecimiento urbano acelerado, originado, en mucho por el proceso desmesurado de concentración de la economía nacional que obligó a que las redes de distribución crecieran desordenadamente y fue necesario dar servicio a asentamientos humanos localizados en terrenos accidentados, y /o de elevadas cotas de difícil acceso.

Otra de las dificultades que se presenta en el sistema hidráulico, es que su oferta á sido siempre inferior a la demanda. La disponibilidad promedio de agua por habitante es de: 4,900.00 m.<sup>3</sup> al año a lo que, hace 50 años era de 11,500.00 m.<sup>3</sup> \* habitante.

Fue necesario incrementar la extracción de agua subterránea mediante:

- Rehabilitación de pozos por parte del departamento del distrito federal (D.D.F.)
- Perforación de nuevos pozos.

Una parte del territorio mexicano está ocupado por cuencas endorreicas.

El Valle de México hasta el siglo pasado era una cuenca cerrada. Actualmente drena artificialmente parte de sus aguas hacia el Golfo de México a través de la cuenca del Río Pánuco. Para satisfacer las necesidades de agua que demanda la zona metropolitana de la Ciudad de México, en la que residen 19.6 millones de personas según los datos del censo de 2000, se conecta con las cuencas de los Ríos Lerma y Balsas las que transfieren parte de sus disponibilidades.



Hasta principios de 1982 las fuentes principales de abastecimiento habían sido los acuíferos del río Lerma, aportando 9.4 m.<sup>3</sup>/s y los del valle de México con aportación de 28.5 m.<sup>3</sup>/s ambos sobre explotados desde hace varias décadas. En mayo de ese mismo año se comenzó a operar la primera etapa del proyecto *Cutzamala*. Hacia el año 2000 este proyecto con aportación de 13.5m. <sup>3</sup>/s junto con la cuenca de Lerma con 6m. <sup>3</sup>/s son afectadas, para el abastecimiento de agua.

La Comisión Nacional del Agua (C.N.A.) Tiene registradas 1,018 plantas de tratamiento de aguas residuales, de las cuáles 225 no operan actualmente por falta de recursos.

5,000.00 millones de pesos anuales se requieren en el país para cubrir los costos de operación y mantenimiento de las nuevas inversiones, tanto en plantas de tratamiento como en fuentes de abastecimiento.

Debido a los problemas mencionados, el gobierno de la ciudad se a visto obligado a buscar fuentes de abastecimiento cada vez más alejados de los centros de población, con el incremento de los costos de producción y distribución, afectando de manera negativa el estado económico y financiero del organismo operador de agua potable, reflejándose en la calidad y eficiencia del servicio. Por ello, se ha dado a la tarea de recuperar el agua perdida por la existencia de fugas antes que incrementar la oferta de agua potable que tiene mayor costo.

Las fugas tienen reflejos sociales y económicos en la población, ya que se trata de agua captada, bombeada, tratada, almacenada y distribuida que se pierde debido a fallas en el sistema de abastecimiento. Esto se debe en parte al envejecimiento de las tuberías, válvulas, piezas especiales, conexiones, etc. Y la falta de mantenimiento a las instalaciones, sumado a ello las fracturas provocadas por los hundimientos y lo movimientos de tierra.

En los sistemas de distribución de agua existen pérdidas considerables a lo largo de conducciones y redes, además, de desperdicios por parte de los usuarios, las pérdidas son también de tipo económico, por deficiencias en los sistemas administrativos y en el control de usuarios.

A partir del 1 de enero de 2003 entró en funcionamiento el Organismo Público Descentralizado, Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), por decreto del Jefe de Gobierno del Distrito Federal, Lic. Andrés Manuel López Obrador, al fusionar la entonces Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) y la Comisión de Aguas del Distrito Federal (CADF), con el fin de crear los mecanismos más adecuados que permitan proporcionar los medios para lograr una eficiente distribución de los servicios hidráulicos en la Ciudad de México, así como la modernización de los sistemas para su operación, soslayando la duplicidad de funciones al momento de ejercer las acciones en esta materia.





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO.

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México está sectorizado en la Secretaría del Medio Ambiente y tiene por objetivo, con base en el Decreto por el cual se creó, prestar los servicios públicos de suministro de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento de aguas residuales y reutilización; operar, mantener y construir la infraestructura hidráulica; explotar, usar, aprovechar las aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y la calidad para contribuir al desarrollo integral sustentable de la Ciudad.



Este programa incluía la rehabilitación de redes secundarias de agua potable, siendo parte de una de las divisiones, llamada tercera etapa, que incluye este programa y que es nuestro tema central.

- Garantizar el suministro de agua potable con la normatividad de calidad que demanda la población de la Ciudad de México.
- Dotar de servicios adecuados y oportunos a fin de impulsar una cultura de calidad en la prestación, con una vocación plena de atención a la ciudadanía.
- Diseñar las políticas y estrategias que contribuyan a normar y establecer las necesidades de consumo para mejorar los servicios de agua potable, drenaje y tratamiento y reúso que se proporcionan a los usuarios del Distrito Federal.
- Establecer lineamientos que contribuyan al mejor desarrollo de actividades encaminadas a la atención de usuarios.
- Promover que el ejercicio del gasto público se aplique con eficacia, eficiencia y con orientación a la consecución de los objetivos para lo cual fue aprobado.
- Impulsar la ejecución y consecución de obras de infraestructura hidráulica que coadyuven al desarrollo urbano, ambiental y al bienestar social de los habitantes del Distrito Federal.
- Dirigir las acciones de conservación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica existente, a efecto de disminuir rezagos y maximizar los niveles de operación de los equipos con eficiencia y rentabilidad.
- Fomentar la conservación y restauración del acuífero y demás recursos naturales, para propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable, en cumplimiento a la normatividad ambiental establecida.
- Desarrollar nuevas tecnologías y mecanismos que coadyuven a otorgar servicios con calidad, eficacia y eficiencia, mismos que se reflejen en un bienestar social y económico para los habitantes de la Ciudad de México.
- Implementar estrategias de comunicación directas con el usuario para fomentar el uso racional y aprovechamiento del agua potable que coadyuven a garantizar un abasto futuro.
- Promover una cultura de control preventivo orientada a fortalecer los sistemas y registros establecidos, con seguimiento al cumplimiento de objetivos y metas.
- Desarrollar la instrumentación de mecanismos de autocontrol, autocorrección y autoevaluación en las áreas operativas y administrativas, sistemas, procesos y servicios que otorga el Organismo con su constante actualización.
- Promover el desarrollo integral de los recursos humanos a través de la constante capacitación y actualización de los servidores públicos.



El Sistema de Aguas de la Ciudad de México tiene por objetivo suministrar y distribuir los servicios de agua potable y drenaje a los habitantes del Distrito Federal con la cantidad, calidad y eficiencia necesarios, a través de acciones que contribuyan a la adecuada utilización de la infraestructura existente, y fomentar una cultura moderna de utilización que garantice el abasto razonable del recurso

Las Otras Divisiones que Incluye El Programa Son:

Primera etapa. Incluye el levantamiento del padrón de usuarios, regularización de tomas y medidores, levantamiento del catastro de redes de agua potable, residual, tratada y drenaje.

Segunda etapa. Procesamiento de solicitudes de servicio e instalación de nuevas tomas, lecturas de consumo, soporte técnico para la determinación de los derechos de emisión y distribución de boletas, la recepción de los derechos de servicio público de agua potable y drenaje, así como el mantenimiento, reparación y reposición de medidores.

Tercera etapa. Aparte de la rehabilitación de redes de agua potable incluye la operación del sistema de distribución de agua potable, detección y reparación de fugas. Desazolve de la red secundaria de drenaje, mantenimiento, rehabilitación y ampliación de redes secundarias de drenaje y asimismo agua potable, así como la sustitución y renivelación de accesorios en mal estado de la red secundaria.

Con todo lo anterior, la *C.A.D.F.* ahora (año 2003) fusionado con la *Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H.)* y que ambos forman *el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (S.A.C.Mex)* desarrollan este sistema de rehabilitación de tuberías, de la red secundaria de agua potable y sustitución de forma masiva de tomas domiciliarias, del cual trataremos, así como la sustitución de válvulas de seccionamiento y piezas especiales si estas se encontrasen dañadas.



## OBJETIVO

Se presenta la técnica aplicada para el cambio ó sustitución de tuberías de la red secundaria de agua potable aplicando el reventamiento de tubería (*introduceslizamiento*), es decir, introduciremos por la red existente la tubería nueva que es de un material llamado polietileno de alta densidad (pead) que nos permite termofusionar y que se viene aplicando con “buenos resultados”.

Al igual que mencionare los trabajos realizados bajo el método tradicional a cielo abierto, para la sustitución de tuberías de estropac o asbesto cemento de diversos diámetros que al tener un tiempo de vida ya cumplido superior a los 40 años vida útil tiempo en el cual empieza a deteriorarse al presentar acumulación de sarro, sales además de cloro y otros materiales contenidos en la misma agua que corre por la red.

Movimientos telúricos naturales y otros provocados por vehículos maquinarias otros elementos superficiales que al ejercer movimiento en el suelo junto con el peso de estos provocan el rompimiento de las tuberías en este caso asbesto tanto en cruces como en la misma red a grado de encontrar fugas de miles de m<sup>3</sup> por días semanas o meses o incluso años llegando al grado de que al estar rehabilitando nuevas redes se a encontrado con casos de encontrar fugas de agua internas en el suelo que provocan socavaciones y estas a su vez presentan hundimientos (vados) que al paso del tiempo se presentan las socavaciones en el interior del suelo de 1.5m de altura del Nivel de terreno Natural (NTN). Estos factores y otros más dan paso a la sustitución con tubería de pead, Como una solución alternativa, para el control o la desaparición de fugas y una mejor distribución del vital líquido.

Incluiremos, también, la sustitución de ramales que nos permite utilizar la misma tubería arriba mencionada para aplicar termofusión.

Además de la sustitución de manera paralela de las piezas especiales por mencionar,(codos 45° 90°, tee con reducciones de fierro fundido) , coplees de alta tolerancia, empaques de plomo por neopreno, tornillería nueva, bridas y contrabridas terminales bridadas (stub-ends) eliminación de llave de cuadro para banqueteta, eliminación de campana para llave de cuadro de Fofó, sustitución de llave de inserción de ½” por silletas de pead, sustitución de tubo de plomo por cobre de ½” en cuadro de toma domiciliaria desde banqueteta hasta cuadro.

Tanto para la rehabilitación de la red como para la sustitución de ramales se hará sin abrir zanja ya que son las bondades con las que cuenta este sistema y que describiremos con detalle más adelante.





La función principal del proyecto es el mejoramiento de la infraestructura hidráulica en la red secundaria de agua potable, así como incrementar el abastecimiento y la eficiencia operativa y comercial del sistema, en beneficio de los habitantes de la colonia, por lo tanto los objetivos del proyecto son los siguientes:

- Recuperar considerables volúmenes de agua.
- Obtener a corto y mediano plazo el ahorro del agua, traduciendo esto en una mayor disponibilidad del recurso que servirá para aliviar las carencias de agua en las zonas que actualmente padecen escasez, sin realizar grandes inversiones para importar agua de fuentes externas, que se traduciría en alimentar las fugas existentes.



## CAPITULO I

### 1.1 AGUA ELEMENTO VITAL

El agua es un elemento indispensable para la vida. Cubre casi cuatro quintas partes de la superficie terrestre y en el hombre, representa aproximadamente el 70% del peso total de su cuerpo.

El hombre la ocupa como elemento para su nutrición, sea como bebida o como integrante de alimentos; la requiere para el lavado de su ropa; la exige para el baño y dispone de ella para alejar sus desechos, proporcionar comodidad y resolver numerosos problemas de su vida cotidiana produciendo electricidad y vapor.

Pero la salud humana, depende no solo de la que se asigna, sino también de la cantidad del agua que utiliza, sino también calidad del agua que utiliza. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), "casi la cuarta parte de las camas disponibles en todos los hospitales del mundo están ocupadas por enfermos cuyas dolencias se deben a la insalubridad del agua. Esto quiere decir que cuando el agua, por el contacto con la tierra o con el hombre ha modificado su composición, puede convertirse en un peligro y ocasionar grandes daños.

### 1.2 ORIGEN DEL AGUA

Los científicos piensan que los constituyentes químicos del agua (oxígeno e hidrógeno) deben haber existido en la nube primitiva que dio origen a nuestro Sistema Solar, hace alrededor de 4.500 millones de años.

El entonces joven Sistema Solar estaba lleno de escombros y, cuando muchos de estos trozos de material planetario chocaron contra nuestro planeta, pudieron iniciar un proceso en el cual el hidrógeno y el oxígeno congelados se vaporizaron, liberándose así en la atmósfera terrestre.

Una vez que ambos elementos estuvieron presentes en la Tierra, lo demás tuvo que ser simple.

El hidrógeno es un elemento fácilmente inflamable y, cuando se quema en presencia del oxígeno, se une con este último elemento.

Cuando el oxígeno y el hidrógeno se combinan en proporciones adecuadas (para ser exactos, un átomo de oxígeno por cada dos de hidrógeno) entonces lo que resulta es vapor de agua.

Actualmente existe cierta evidencia que respalda a esta teoría. Se sabe que las rocas del manto terrestre contienen agua en una buena proporción. En la superficie de nuestro planeta, las emisiones volcánicas contienen una gran cantidad de vapor de agua. Algunos científicos afirman que esta adición de agua a la atmósfera terrestre puede aún llegar a ser mayor, en la medida que los volcanes liberen más vapor de agua en el aire.





La teoría anterior es muy aceptada y ha sido ampliamente investigada. Pero existe otra, más reciente, que sugiere que una buena parte del agua terrestre pudo haber sido traída por los cometas que fueron capturados por la gravedad terrestre, y que terminaron por impactarse contra nuestro planeta.

Es un hecho comprobado que, durante toda su historia, el planeta en el cual vivimos ha sufrido colisiones de meteoritos en repetidas ocasiones. Los meteoritos, debido a la gran cantidad de energía de movimiento que poseen, se vaporizan completamente al impacto; de esta manera, pudieron inyectar hidrógeno y oxígeno a la atmósfera terrestre.

Según cálculos recientes, no serían necesarios muchos meteoritos para justificar la cantidad de agua que posee nuestro planeta.

Como ha ocurrido en muchas ocasiones a lo largo de la historia de la ciencia, el origen verdadero del agua en la Tierra probablemente tenga que ver con ambas ideas. Como los procesos ya referidos no se excluyen mutuamente, los dos pueden ser responsables del agua que existe actualmente en nuestro planeta.

La Tierra fue un lugar extremadamente caliente, de manera que su atmósfera pudo contener una cantidad mayor de vapor de agua.

Pero eventualmente nuestro planeta se fue enfriando y el vapor comenzó a condensarse. Fue así como la Tierra experimentó la tormenta más intensa de su historia.

Desde entonces, el agua que posee nuestro planeta ha sido la misma, y se ha ciclado de la tierra al aire y viceversa una y otra vez durante más de 3.000 millones de años.

### 1.2.1 CONTAMINANTES

El agua de lluvia en su caída hacia la tierra arrastra partículas de polvo y gases. Al caer, escurre la superficie arrastrando materias orgánicas en descomposición, desechos de diversas naturalezas (humanos, animales, industriales, etc.), sales diversas y numerosas bacterias. Después forman arroyos que irán a los ríos, lagos, y lagunas.

Puede infiltrarse en la tierra arrastrando numerosos organismos muchos de ellos nocivos. Si penetra a grandes profundidades, su paso a través de la tierra la filtra purificándola, de modo que al incorporarse a las corrientes profundas carece de materia orgánica y queda libre de bacterias, pero en cambio puede recoger, si el terreno es rico en minerales sustancias que la hagan inadecuada para las necesidades humanas.

El aspecto del agua no basta para conocer si es apropiada para el uso humano, especialmente en bebida, pues puede contener sales nocivas que actúen como venenos, aunque sea lentamente, o bacterias y parásitos que produzcan enfermedades y que no son apreciables a simple vista.





## 1.2.2 FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Las aguas subterráneas se localizan en una zona de cavidades conectadas entre si. Son constituidas por el agua precipitada sobre la tierra como lluvias granizo o nieve que se filtra a través de la tierra.

Esta zona comprende: zona de saturación y zona de aereación, que quedan separadas por el nivel freático.

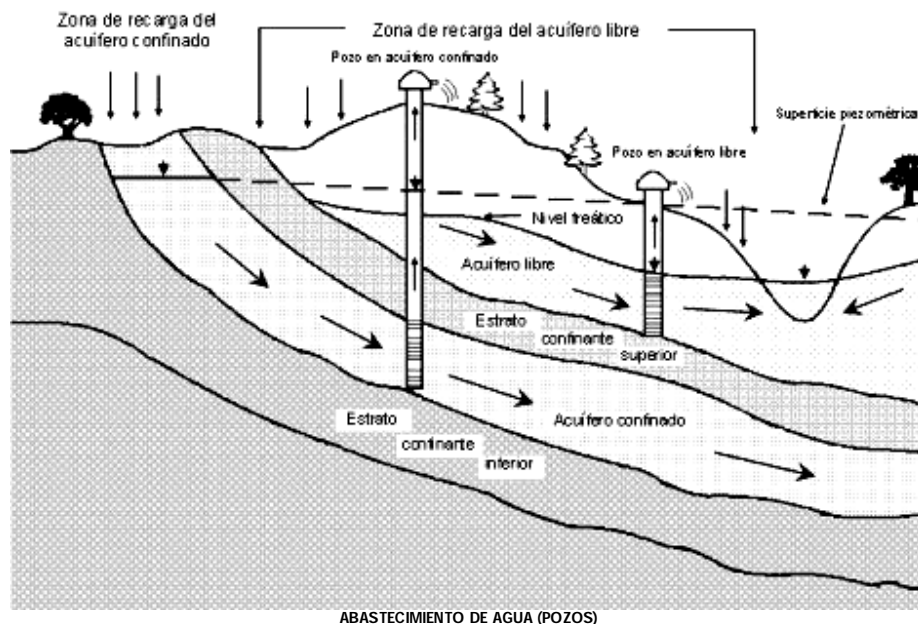
En la zona de saturación, las cavidades están llenas de agua bajo presión hidrostática y reciben el nombre de aguas subterráneas, las que a su vez se dividen en aguas freáticas y artesianas. En la zona de aereación, las cavidades están principalmente llenas de gases atmosféricos y agua, pero no bajo presión hidrostática sino sostenida por atracción molecular.

Razón por la cual se le llama agua suspendida.

Comprende, de la superficie a la profundidad: el agua aprovechada por las plantas; el agua vadosa o intermedia que es casi estacionaria o que se mueve hacia la zona de saturación por gravedad; y el agua capilar, por arriba del nivel freático, como una continuación de la zona de saturación.

La profundidad del nivel freático depende de la topografía y estructura del suelo. El nivel (freático) permanece (o se encuentra) sensiblemente paralelo a la superficie del suelo y su profundidad varía desde unos centímetros hasta cientos de metros.

Las aguas de la zona de saturación. (VEASE FIGURA 1-1).



ABASTECIMIENTO DE AGUA (POZOS)





### 1.3 IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN

El agua es fundamental para todas las formas de vida conocida. Los humanos consumen agua potable. Los recursos naturales se han vuelto escasos con la creciente población mundial y su disposición en varias regiones habitadas es la preocupación de muchas organizaciones gubernamentales.

El agua cubre 3/4 partes (71%) de la superficie de la Tierra, pese al área por la cual se extiende, la hidrósfera terrestre es comparativamente bastante escasa. A pesar de que es una sustancia tan abundante, sólo supone el 0,022% de la masa de la Tierra.

Se puede encontrar esta sustancia en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

El 97 % es agua salada, la cual se encuentra principalmente en los océanos y mares; sólo el 3 % de su volúmen es dulce.

De esta última, un 1 por ciento está en estado líquido, componiendo los ríos y lagos. El 2% restante se encuentra en estado sólido en capas, campos y plataformas de hielo o banquisas en las latitudes próximas a los polos.

Fuera de las regiones polares el agua dulce se encuentra principalmente en humedales y, subterráneamente, en acuíferos. Hacia 1970 se consideraba ya que la mitad del agua dulce del planeta Tierra estaba contaminada.

El agua representa entre el 50% y el 90% de la masa de los seres vivos (aproximadamente el 75% del cuerpo humano es agua; en el caso de las algas, el porcentaje ronda el 90%).

En la superficie de la Tierra hay unos 1.360.000.000 km<sup>3</sup> de agua que se distribuyen de la siguiente forma:

- 1.320.000.000 km<sup>3</sup> (97,2%) son agua de mar.
- 40.000.000 km<sup>3</sup> (2,8%) son agua dulce.

De los cuales:

- 25.000.000 km<sup>3</sup> (1,8%) como hielo.
- 13.000.000 km<sup>3</sup> (0,96%) como agua subterránea.
- 250.000 km<sup>3</sup> (0,02%) en lagos y ríos.
- 13.000 km<sup>3</sup> (0,001%) como vapor de agua.

A estas cantidades hay que sumarle la que forma parte de la composición del manto, la zona terrestre que representa un 84% del volumen planetario.





Parte de esta agua alcanza la superficie tras separarse de las masas subterráneas de magma (agua juvenil) o en forma de vapor, junto a otros volátiles, durante las erupciones volcánicas. Este proceso, que llamamos desgasificación del manto, compensa permanentemente, y lo hará mientras no cese la dinámica interna planetaria, la pérdida de agua por fotólisis en la alta atmósfera; allí, los átomos de hidrógeno liberados tienen a perderse en el espacio. El día que el planeta no contenga ya calor suficiente para mantener la tectónica de placas y el vulcanismo, esa pérdida paulatina terminará por convertir su superficie en un desierto universal.

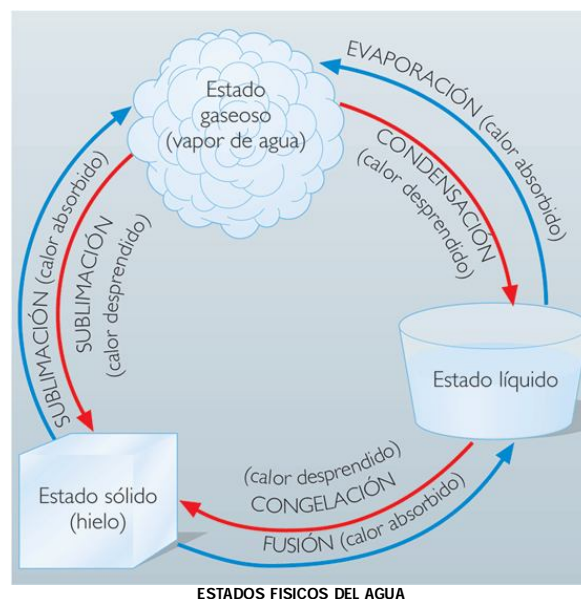
### 1.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

A temperatura ambiente es líquida, inodora, insípida e incolora, aunque adquiere una leve tonalidad azul en grandes volúmenes, debido a la refracción de la luz al atravesarla, ya que absorbe con mayor facilidad las longitudes de onda larga (rojo, naranja y amarillo) que las longitudes de onda corta (azul, violeta), desviando levemente estas últimas, provocando que en grandes cantidades de agua esas ondas cortas se hagan apreciables.

Se considera fundamental para la existencia de la vida. No se conoce ninguna forma de vida que tenga lugar en su ausencia completa.

Es el único compuesto que puede estar en los tres estados (sólido, líquido y gaseoso) a las temperaturas que se dan en la Tierra. Se halla en forma líquida en los mares, ríos, lagos y océanos; en forma sólida, nieve o hielo, en los casquetes polares, en las cumbres de las montañas y en los lugares de la Tierra donde la temperatura es inferior a cero grados Celsius; y en forma gaseosa se encuentra formando parte de la atmósfera terrestre como vapor de agua, (VEASE FIGURA 1-2).

Es el compuesto con el calor latente de vaporización más alto, 540 cal/g (2,26 kJ/g) y con el calor específico más alto después del litio, 1 cal/g (4,18 J/g).







### 1.3.2 EL AGUA EN EL CUERPO HUMANO

El agua es el principal e imprescindible componente del cuerpo humano. El ser humano no puede estar sin beberla más de cinco o seis días sin poner en peligro su vida.

El cuerpo humano tiene un 75 % de agua al nacer y cerca del 60 % en la edad adulta. Aproximadamente el 60 % de este agua se encuentra en el interior de las células (agua intracelular). El resto (agua extracelular) es la que circula en la sangre y baña los tejidos.

En las reacciones de combustión de los nutrientes que tiene lugar en el interior de las células para obtener energía se producen pequeñas cantidades de agua.

Esta formación de agua es mayor al oxidar las grasas - 1 gr. De agua por cada gr. De grasa -, que los almidones -0,6 gr. Por gr., de almidón.

El agua producida en la respiración celular se llama agua metabólica, y es fundamental para los animales adaptados a condiciones desérticas. Si los camellos pueden aguantar meses sin beber es porque utilizan el agua producida al quemar la grasa acumulada en sus jorobas. En los seres humanos, la producción de agua metabólica con una dieta normal no pasa de los 0,3 litros al día.

Como se muestra en la siguiente figura, el organismo pierde agua por distintas vías. Esta agua ha de ser recuperada compensando las pérdidas con la ingesta y evitando así la deshidratación.



COMPOSICION DEL AGUA EN EL CUERPO HUMANO

FIGURA 1-3

Los márgenes de los componentes permitidos para destino a consumo humano, vienen definidos en los "criterios de potabilidad" y regulados en la legislación. Ha de definirse que existe otra Reglamentación específica, para las bebidas envasadas y aguas medicinales.

Para abastecimientos en condiciones de normalidad, se establece una dotación mínima de 100 litros por habitante y día, pero no ha de olvidarse que hay núcleos, en los que por las especiales circunstancias de desarrollo y asentamiento industrial, se pueden llegar a necesitar hasta 500 litros, con flujos diferentes según ciertos segmentos horarios. (VEASE FIGURA 1-3).

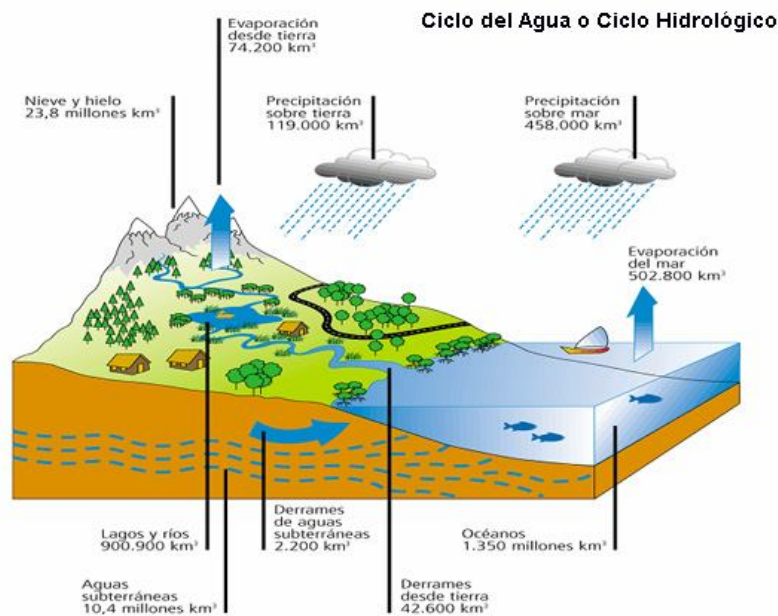




Hay componentes que definen unos "caracteres organolépticos", como calor, turbidez, olor y sabor y hay otros que definen otros "caracteres fisicoquímicos" como temperatura, hidrogeniones (pH), conductividad, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, aluminio, dureza total, residuo seco, oxígeno disuelto y anhídrido carbónico libre.

Todos estos caracteres, deben ser definidos para poder utilizar con garantías, un agua en el consumo humano y de acuerdo con la legislación vigente, tenemos los llamados "Nivel-Guía" y la "Concentración Máxima Admisible (C.M.A.)".

#### 1.4 CICLO DEL AGUA



CICLO DEL AGUA

FIGURA 1-4

El **ciclo hidrológico** o **ciclo del agua** es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrosfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas, y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico.

El agua de la hidrosfera procede de la desgasificación del manto, donde tiene una presencia significativa, por los procesos del vulcanismo. Una parte del agua puede reincorporarse al manto con los sedimentos oceánicos de los que forma parte cuando éstos acompañan a la litosfera en subducción.

La mayor parte de la masa del agua se encuentra en forma líquida, sobre todo en los océanos y mares y en menor medida en forma de agua subterránea o de agua superficial (en ríos y arroyos).



El segundo compartimento por su importancia es el del agua acumulada como hielo sobre todo en las capas de hielo antártica groelandésa, con una participación pequeña de los glaciares de montaña, sobre todo de las latitudes altas y medias, y de la banquisa.

Por último, una fracción menor está presente en la atmósfera como vapor o, en estado gaseoso, como nubes.

Esta fracción atmosférica es sin embargo muy importante para el intercambio entre compartimentos y para la circulación horizontal del agua, de manera que se asegura un suministro permanente a las regiones de la superficie continental alejadas de los depósitos principales.

#### 1.4.1 PROCESOS DEL AGUA

Los principales procesos implicados en el ciclo del Agua son:

**Evaporación.** El agua se evapora en la superficie oceánica, sobre el terreno y también por los organismos, en el fenómeno de la transpiración. Dado que no podemos distinguir claramente entre la cantidad de agua que se evapora y la cantidad que es transpirada por los organismos, se suele utilizar el término evapotranspiración. Los seres vivos, especialmente las plantas, contribuyen con un 10% al agua que se incorpora a la atmósfera. En el mismo capítulo podemos situar la sublimación, cuantitativamente muy poco importante, que ocurre en la superficie helada de los glaciares o la banquisa.

**Precipitación.** La atmósfera pierde agua por condensación (lluvia y rocío) o sublimación inversa (nieve y escarcha) que pasan según el caso al terreno, a la superficie del mar o a la banquisa.

En el caso de la lluvia, la nieve y el granizo (cuando las gotas de agua de la lluvia se congelan en el aire) la gravedad determina la caída; mientras que en el rocío y la escarcha el cambio de estado se produce directamente sobre las superficies que cubren.

**Infiltración.** El fenómeno ocurre cuando el agua que alcanza el suelo penetra a través de sus poros y pasa a ser subterránea. La proporción de agua que se infiltra y la que circula en superficie (escorrentía) depende de la permeabilidad del sustrato, de la pendiente (que la estorba) y de la cobertura vegetal. Parte del agua infiltrada vuelve a la atmósfera por evaporación o, más aún, por la transpiración de las plantas, que la extraen con raíces más o menos extensas y profundas. Otra parte se incorpora a los acuíferos, niveles que contienen agua estancada o circulante.

Parte del agua subterránea alcanza la superficie allí donde los acuíferos, por las circunstancias topográficas, interceptan la superficie del terreno.

**Escorrentía.** Este término se refiere a los diversos medios por los que el agua líquida se desliza cuesta abajo por la superficie del terreno. En los climas no excepcionalmente secos, incluidos la mayoría de los llamados desérticos, la escorrentía es el principal agente geológico de erosión y transporte.





**Circulación subterránea.** Se produce a favor de la gravedad, como la escorrentía superficial, de la que se puede considerar una versión. Se presenta en dos modalidades: primero, la que se da en la zona vadosa, especialmente en rocas karstificadas, como son a menudo las calizas, la cual es una circulación siempre cuesta abajo; en segundo lugar, la que ocurre en los acuíferos en forma de agua intersticial que llena los poros de una roca permeable, la cual puede incluso remontar por fenómenos en los que intervienen la presión y la capilaridad.(VEASE FIGURA 1-4).

### 1.5 COMPARTIMENTOS E INTERCAMBIOS DE AGUA

El agua se distribuye desigualmente entre los distintos compartimentos, y los procesos por los que éstos intercambian el agua se dan a ritmos heterogéneos. El mayor volumen corresponde al océano, seguido del hielo glaciario y después por el agua subterránea. El agua dulce superficial representa sólo una exigua fracción y aún menor el agua atmosférica (vapor y nubes). (VEASE TABLA 1-1)

Depósito	Volumen (en millones de km <sup>3</sup> )	Porcentaje
Océanos	1370	97.25
Casquetes glaciares	29	2.05
Agua subterránea	9.5	0.68
Lagos	0.125	0.01
Humedad del suelo	0.065	0.005
Atmósfera	0.013	0.001
Arroyo y ríos	0.0017	0.0001
Biomasa	0.0006	0.00004

COMPORTAMIENTO E INTERCAMBIO DE AGUA

TABLA 1-1



### 1.5.1 TIEMPO DE DURACIÓN NATURAL DEL AGUA EN EL PLANETA. (VEASE TABLA 1-II).

Depósito	Tiempo medio de residencia
Glaciares	20 a 100 años
Nieve estacional	2 a 6 meses
Humedad del suelo	1 a 2 meses
Agua subterránea: somera	100 a 200 años
Agua subterránea: profunda	10.000 años
Lagos	50 a 100 años
Ríos	2 a 6 meses

DURACION DE AGUA EN EL PLANETA

TABLA 1-II

El tiempo de residencia de una molécula de agua en un compartimento es mayor cuando menor es el ritmo con que el agua abandona ese compartimento (o se incorpora a él). Es notablemente largo en los casquetes glaciares, a donde llega por una precipitación característicamente escasa, abandonándolos por la pérdida de bloques de hielo en sus márgenes o por la fusión en la base del glaciar, donde se forman pequeños ríos o arroyos que sirven de aliviadero al derretimiento del hielo en su desplazamiento debido a la gravedad. El compartimento donde la residencia media es más larga, aparte el océano, es el de los acuíferos profundos, algunos de los cuales son «acuíferos fósiles», que no se renuevan desde tiempos remotos. El tiempo de residencia es particularmente breve para la fracción atmosférica, que se recicla muy deprisa.



## CAPÍTULO II

### 2.1 ENERGÍA DEL AGUA

El ciclo del agua disipa una gran cantidad de energía, la cual procede de la que aporta la insolación. La evaporación es debida al calentamiento solar y animada por la circulación atmosférica, que renueva las masas de aire y que es a su vez debida a diferencias de temperatura igualmente dependientes de la insolación. Los cambios de estado del agua requieren o disipan mucha energía, por el elevado valor que toman el calor latente de fusión y el calor latente de vaporización. Así, esos cambios de estado contribuyen al calentamiento o enfriamiento de las masas de aire, y al transporte neto de calor desde las latitudes tropicales o templadas hacia las frías y polares, gracias al cual es más suave en conjunto el clima planetario.

### BALANCE DEL AGUA

Si despreciamos las pérdidas y las ganancias debidas al vulcanismo y a la subducción, el balance total es cero. Pero si nos fijamos en los océanos, se comprueba que este balance es negativo; se evapora más de lo que precipita en ellos. Y en los continentes hay un superávit; precipita más de lo que se evapora. Estos déficit y superávit se compensan con las escorrentías, superficial y subterránea, que vierten agua del continente al mar.

### 2.2 ¿QUIEN CONSUME MAS AGUA.....?

**Las actividades agropecuarias consumen la mayor cantidad del agua, tanto en México como en el mundo:**

En México la agricultura y la ganadería consumen 77% del agua.

En el mundo estas actividades consumen 70% del agua.

**Los siguientes grandes consumidores son la industria y la generación de energía:**

En México: 13%

En el mundo: 22%

**El consumo doméstico al final**

En México: 10%

En el mundo: 8%

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA) y FAO

[http://www.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/index.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/index.shtml)





## 2.2.1 AGUA VIRTUAL EN PRODUCTOS AGRÍCOLAS, AGROINDUSTRIALES E INDUSTRIALES:(VEASE TABLA II-1).

Un kg de arroz 2700 litros	Una rebanada de pan (30g) 40 litros
Un kg de caña de azúcar 175 litros	Una rebanada de pan (30g) con queso (10g) 90 litros
Un kg de carne de ave 2800 litro	Una bolsa de patatas fritas (200g) 185 litros
Un kg de carne de res 16 000 litros	Una taza de café (125ml) 140 litros
Un kg de cereales 1 500 litros	Una taza de café instantáneo 80 litros
Un kg de cítricos 1 000 litros	Una taza de té (250ml) 34 litros
Un kg de algodón 3644 litros	Una copa de brandy 2 000 litros
Un huevo 454 litros	Una copa de cerveza (250ml) 75 litros
Un vaso de leche (200ml) 200 litros	Una copa de vino 120 litros
Una ración de lechuga 23 litros	Una hamburguesa (150g) 2 400 litros
Un kg de legumbres, raíces y tubérculos 1 000 litros	Una hoja de papel (80g/m) 10 litros
Un kg de maíz 450 litros	Un kg de tejido 9 359 litros
Una manzana (100g) 70 litros	Un pañal (75g) 810 litros
Un kg de papas 160 litros	Unos pantalones vaqueros (1000g) 10 850 litros
Un kg de soja 2300 litros	Una camiseta tamaño medio (500g) 4100 litros
Una ración de tomates 11 litros	Unos zapatos (cuero) 8 000 litros
Un kg de trigo 1200 litros	Un coche 246 052 litros
Un pan 568 litros	
Un kg de queso 5300 litros	

AGUA VIRTUAL EN PRODUCTOS

TABLA II-1

## 2.2.2 ¿QUIENES DESPERDICIAN MAS.....?

En México, el sector que más agua desperdicia es el que más la consume: el sector agropecuario (agricultura y ganadería). Las estimaciones de la comisión nacional del agua mencionan que 57% del agua que consume, se pierde por evaporación pero sobre todo por infraestructura de riego ineficiente, en mal estado u obsoleta.

La superficie irrigada es de 6.3 millones de hectáreas y aporta 42% de la producción total agrícola nacional. Las pérdidas por infiltración y evaporación ascienden a más de 60% del agua almacenada y distribuida para fines agrícolas.

La ciudad mexicana que más agua desperdicia es la más grande del país: la ciudad de México y su área metropolitana. Lo correcto es definirla como una región porque son varias ciudades juntas o como un área urbanizada;(el valle de México).

Aquí el desperdicio lo causan las fugas de la red hidráulica y alcanza un **38%**, según las autoridades de la comisión nacional del agua; es decir, se traen 5 litros y se desperdician 2, por fugas en el sistema! Este volumen representa más de lo que proveen el sistema Cutzamala y los manantiales que quedan vivos en el sur de la ciudad juntos. Fuente: comisión nacional del agua (Conagua).



## 2.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Contaminación del agua, incorporación al agua de materias extrañas, como microorganismos, productos químicos, residuos industriales y de otros tipos, o aguas residuales. Estas materias deterioran la calidad del agua y la hacen inútil para los usos pretendidos.



RÍO CONTAMINADO

FOTOGRAFIA No 1

La contaminación de ríos y arroyos por contaminantes químicos se ha convertido en uno de los problemas ambientales más graves del siglo XX. La contaminación química de los ríos y arroyos se divide en dos grandes grupos: contaminación puntual y no puntual. La primera procede de fuentes identificables, como fábricas, refinерías o desagües de aguas residuales. La no puntual es aquella cuyo origen no puede identificarse con precisión, como los canales agrícolas, la minería, filtraciones de fosas sépticas o depuradoras. Cada año mueren unos 10 millones de personas en el mundo por beber agua contaminada.(VEASE FOTOGRAFIA No1).

Los principales contaminantes del agua son los siguientes:

- Aguas residuales y otros residuos que demandan oxígeno (en su mayor parte materia orgánica, cuya descomposición produce la desoxigenación del agua).
- Agentes infecciosos.
- Nutrientes vegetales que pueden estimular el crecimiento de las plantas acuáticas. Éstas, a su vez, interfieren con los usos a los que se destina el agua y, al descomponerse, agotan el oxígeno disuelto y producen olores desagradables.
- Productos químicos, incluyendo los pesticidas, diversos productos industriales, las sustancias tensioactivas contenidas en los detergentes, y los productos de la descomposición de otros compuestos orgánicos.
- Petróleo, especialmente el procedente de los vertidos accidentales.
- Minerales inorgánicos y compuestos químicos.





- Sedimentos formados por partículas del suelo y minerales arrastrados por las tormentas y canaletas (escorrentías) de las tierras de cultivo, los suelos sin protección, las explotaciones mineras, las carreteras y los derribos urbanos.
- Sustancias radiactivas procedentes de los residuos producidos por la minería y el refinado del uranio y el torio, las centrales nucleares y el uso industrial, médico y científico de materiales radiactivos.

El calor también puede ser considerado un contaminante cuando el vertido del agua empleada para la refrigeración de las fábricas y las centrales energéticas hace subir la temperatura del agua de la que se abastecen.

## 2.4 EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN.

Los efectos de la contaminación del agua incluyen los que afectan a la salud humana. La presencia de nitratos (sales del ácido nítrico) en el agua potable puede producir una enfermedad infantil que en ocasiones es mortal. El cambio presente en el agua y procedente de los vertidos industriales, de tuberías galvanizadas deterioradas, o de los fertilizantes derivados del cieno o lodo puede ser absorbido por las cosechas; de ser ingerido en cantidad suficiente, el metal puede producir un trastorno diarreico agudo, así como lesiones en el hígado y los riñones. Hace tiempo que se conoce o se sospecha de la peligrosidad de sustancias inorgánicas, como el mercurio, el arsénico y el plomo.

Los lagos, charcas, lagunas y embalses, son especialmente vulnerables a la contaminación. En este caso, el problema es la eutrofización, que se produce cuando el agua se enriquece de modo artificial con nutrientes, lo que produce un crecimiento anormal de las plantas. Los fertilizantes químicos arrastrados por el agua desde los campos de cultivo contribuyen en gran medida a este proceso. El proceso de eutrofización puede ocasionar problemas estéticos, como mal sabor y olor del agua, y un cúmulo de algas o verdín que puede resultar estéticamente poco agradable, así como un crecimiento denso de las plantas con raíces, el agotamiento del oxígeno en las aguas más profundas y la acumulación de sedimentos en el fondo de los lagos, así como otros cambios químicos, tales como la precipitación del carbonato de calcio en las aguas duras. Otro problema cada vez más preocupante es la lluvia ácida, que ha dejado muchos lagos del norte y el este de Europa y del noreste de Norteamérica totalmente desprovistos de vida.

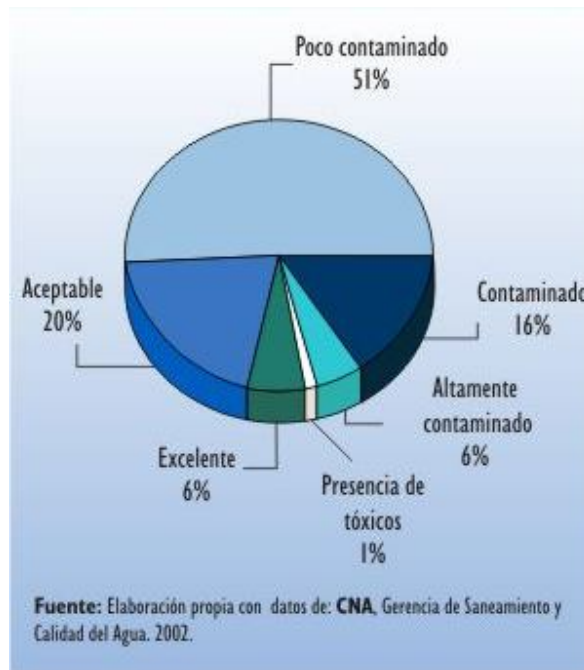
### 2.4.1 Y QUIÉNES...CONTAMINAN MÁS...?

...contaminan más?

La contaminación de los cuerpos de agua es producto de las descargas de aguas residuales sin tratamiento, ya sea de tipo doméstico, industrial, agrícola, pecuario o minero. A finales del año 2001, más del 70% de los cuerpos de agua del país presentaban algún indicio de contaminación (Conagua, 2003). Las cuencas que destacan por sus altos índices de contaminación son la del Lerma-Santiago, la del Balsas, y las aguas del Valle de México y el sistema Cutzamala (Conagua, 2004<sup>a</sup>).



Si bien la industria autoabastecida sólo consume 10% del agua total (7.3 km<sup>3</sup> anuales), la contaminación que genera en demanda bioquímica de oxígeno<sup>3</sup> es tres veces mayor que la que producen 100 millones de habitantes. En 2002, los giros industriales con mayores descargas contaminantes sumaban un volumen total de 170.3 m<sup>3</sup>/s. (VEASE FIGURA 2-1).



DISTRIBUCION DE LA CALIDAD DEL AGUA

FIGURA 2-1

La actividad con mayor volumen de descarga es la acuicultura, con 67.6m<sup>3</sup>/s (39.6%), seguida por la industria azucarera 45.9 m<sup>3</sup>/s (27%), la petrolera 11.4 m<sup>3</sup>/s (6.6%), los servicios 10.3 m<sup>3</sup>/s (6%) y la química 6.9m<sup>3</sup>/s (4%) (Conagua, 2004<sup>a</sup>). A su vez la industria azucarera es la que produce la mayor cantidad de materia orgánica contaminante y la petrolera y química las que producen los contaminantes de mayor impacto ambiental. El sector industrial compite por el uso del agua con otros sectores productivos, particularmente con el agrícola.

#### 2.4.2 LA SOBREEXPLOTACION DE MANTOS ACUIFEROS

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

Debido a las características propias del ciclo hidrológico, un río puede quedar limpio en un tiempo relativamente corto si la fuente de contaminación se suspende y si no queda atrapada una cantidad importante de contaminantes en el sedimento; sin embargo, cuando se contamina un acuífero, el problema puede durar decenas de años.





Fuente: Carabias Julia, Rosalía Landa "Agua, Medio Ambiente y Sociedad, Hacia la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en México", UNAM, COLMEX, FGRA, 2005, pág. 33.

El uso del agua en México se da de la siguiente manera:

La agricultura y la ganadería consumen el 77% del agua en México. Alrededor de 6.3 millones de hectáreas son de riego.

Luego está el consumo municipal y doméstico con 13%.

Y la industria, al final, con un 10%.

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA).

## 2.5 POLÍTICA ACTUAL / PLAN NACIONAL HIDRÁULICO 2001-2006

Para el período 2001-2006, cinco principios básicos guían la política del agua en México. El desarrollo del país debe hacerse en un marco de desarrollo sostenible

- 1) El agua es un recurso estratégico de seguridad nacional
- 2) La unidad básica para la administración del agua es la cuenca hidrológica
- 3) La gestión de los recursos debe hacerse de manera integrada
- 4) Las decisiones deben tomarse con la participación de los usuarios

El Plan Nacional Hidráulico 2001-2006 que se inscribe en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, presenta 6 grandes objetivos nacionales para los cuales se definen algunas estrategias:

### 1. Fomentar la utilización eficaz del agua en la producción agrícola

- Apoyar los usuarios para aumentar la eficacia y la productividad de las zonas irrigadas y para aprovecharse al máximo las infraestructuras.
- Establecer mecanismos para causar la evolución tecnológica de los sistemas de riego.
- Incorporar nuevas superficies y tecnificar las redes.

### 2. Fomentar la extensión de la cobertura y la calidad de los servicios de agua potable, aguas sucias y saneamiento

- Fomentar el desarrollo de organismos operadores capaces de prestar servicios de manera auto sostenible basándose en la formación del personal y la participación de las iniciativas privadas.
- Sostener las autoridades locales para permitir la consolidación de empresas (públicas, privadas o mixtas) capaces de prestar los servicios fomentando una más fuerte autonomía técnica, administrativa y financiera y la aceptación de la importancia de los aspectos políticos y sociales vinculados a estos servicios.



- Las inversiones necesarias para recuperar los retrasos y satisfacer las nuevas solicitudes en el sector deben venir de manera creciente de los usuarios de los servicios.
- Estudiar los esquemas que fomentan una vuelta hacia el sector del agua de los recursos financieros percibidos ante los operadores del sector del agua con el fin de mejorar los servicios y las infraestructuras.

Se indica que los objetivos fijados para el período en el sector de agua potable y saneamiento se alcanzarán gracias a un aumento de la facturación por parte de los organismos operadores de los sistemas mediante el aumento de su eficacia comercial y de sus tarifas. Se cita también un aumento de la participación privada en la prestación de los servicios como medio.

### 3. Administrar el agua por cuenca y acuíferos de manera integral y sostenible

- Pasar de un modelo de satisfacción de la demanda aumentando la oferta por la construcción de grandes infraestructuras a un modelo de reducción de la demanda por un uso eficaz del agua.
- Consolidar la administración íntegra de las aguas superficiales y subterráneas, en cantidad y calidad, en todos los usos y en su gestión unitaria por cuencas vertientes hidrológicas.
- Incorporar en la planificación y la gestión de los recursos hídricos los criterios de eficacia y equidad para garantizar un mejor bienestar de los mexicanos y la conservación del medio ambiente.
- Mejorar el reglamento de los usos del agua.
- Animar la sociedad a reconocer el valor económico del agua.

### 4. Promover el desarrollo técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico

- Reforzar la capacidad institucional del sector del agua, bajo la única autoridad federal sobre este tema, lo que incluye la modernización del marco jurídico y las instituciones del sector, la actualización de las políticas hidráulicas, la mejora de los sistemas de información, los procesos administrativos y técnicos y el desarrollo de la capacidad técnica y profesional de las personas y organizaciones del sector.
- Descentralizar las funciones operativas hacia los Estados, los Municipios y los usuarios.
- Desarrollar organizaciones financieras sanas y autónomas administrativamente para la mejora de los servicios de agua potable y saneamiento en ciudad y de los servicios de agua para el riego.
- Desarrollar la capacidad tecnológica para el uso eficaz, la conservación y el aumento de la calidad del agua.

5. Consolidar la participación de los usuarios y de la sociedad organizada en la gestión del agua y promover una cultura de buen uso.

- Participación informada de la sociedad en la planificación, la utilización y la administración de los recursos hidráulicos del país.
- Consolidación de los organismos de cuenca y sus órganos auxiliares.
- Refuerzo del Consejo Consultivo de agua y consejos ciudadanos de los Estados.
- Promoción de una cultura que fomenta el uso eficaz del agua y el reconocimiento de su valor económico y estratégico.

6. Disminuir los riesgos y responder a los efectos de las inundaciones y sequías.

- Desarrollar medidas de organización y preparación de las poblaciones ante los acontecimientos extremos.
- Desarrollar sistemas de información y alerta eficaces.
- Des localizar las poblaciones en zonas de altos riesgos y controlar el empleo de los suelos.
- Preparar planes para la Gestión de las sequías.
- Construir infraestructuras hidráulicas estratégicas.

## 2.6 NORMATIVIDAD ACERCA DEL AGUA

### Legislación acerca del agua:

En la búsqueda de soluciones a los problemas que se reconocen como públicos la parte mas importante en la hechura de políticas es la definición de un problema. La definición del problema es la realización del planteamiento del mismo y del conjunto de situaciones que lo hacen manifiesto. Así, dentro de este procedimiento, se hacen evidentes los objetivos que deben alcanzarse para atacarlo.

Todos los problemas públicos tiene múltiples aristas y dimensiones por donde pueden ser atacados y la forma de comprenderlos definirá finalmente cual será el cauce de acción que se decida darle. No siempre es tan sencillo llegar a la enumeración de los fines a seguir.

El marco jurídico que regula la materia de aguas en el país queda representado fundamentalmente por:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en los artículos 27, 28 y 115.
- La Ley de Aguas Nacionales (LAN), la cual es una ley reglamentaria del artículo 27 Constitucional en materia de aguas nacionales.
- El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales.
- La Ley Federal de Derechos.



- La Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica.
- La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Reglamento interior de la Semarnat.
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
- Ley General de Bienes Nacionales.
- Las leyes estatales en materia de agua promulgadas en las entidades federativas.

## 2.7 AGUA Y SALUD

Las enfermedades relacionadas con el agua son una tragedia humana que cada año causa la muerte a más de 5 millones de personas - 10 veces más que las víctimas de guerra.

Aproximadamente 2.300 millones de personas padecen enfermedades relacionadas con el agua. Un 60% de la mortalidad infantil mundial es causado por enfermedades infecciosas y parasitarias, la mayoría relacionadas con el agua.

Los efectos adversos sobre la salud humana ocasionados por el agua pueden dividirse en cuatro categorías.

### *Enfermedades transmitidas por el agua*

Son aquellas enfermedades causadas por el agua contaminada por desechos humanos, animales o químicos.

Las enfermedades transmitidas por el agua incluyen entre otras el cólera, la fiebre tifoidea, la shigella, la poliomieltis, la meningitis, la hepatitis A y E y la diarrea. Son enfermedades producidas por aguas residuales. La mayoría se pueden prevenir con un tratamiento previo a su uso.

#### ➤ Diarrea

Cada día mueren en el mundo unas 6.000 personas a causa de la diarrea, sobre todo niños menores de cinco años.

En 2001 murieron 1,96 millones de personas por diarrea infecciosa; 1,3 millones eran niños menores de cinco años.

La diarrea ha provocado la muerte de más niños en los últimos diez años que en todos los conflictos armados que han tenido lugar desde la Segunda Guerra Mundial.

Entre 1.085.000 y 2.187.000 de las muertes producidas por diarrea pueden atribuirse al factor riesgo 'agua, sanidad e higiene'. El 90% de estas muertes corresponde a niños menores de cinco años.

En China, India e Indonesia, mueren dos veces más personas de diarrea que del virus del sida.

Con simples medidas de higiene como lavarse las manos después de ir al baño o antes de preparar la comida, se evitaría la mayor parte de estas muertes.

### *Enfermedades con base en el agua:*

Son aquellas enfermedades causadas por organismos acuáticos que pasan una parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales.



Las enfermedades con base en el agua incluyen el gusano de Guinea, la paragonimiasis, la clonorquiasis y la esquistosomiasis. Las causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos trematodos, tenias, lombrices intestinales y nematodos del tejido, denominados colectivamente helmintos que infectan al hombre.

Aunque estas enfermedades normalmente no son mortales, impiden a las personas llevar una vida normal y merman su capacidad para trabajar.

El predominio de enfermedades con base en el agua suele aumentar cuando se construyen presas, pues el agua estancada tras las presas es ideal para los caracoles, huéspedes intermediarios de muchos tipos de gusanos.

Por ejemplo, la Presa de Akosombo, en el Lago Volta, en Ghana, y la Alta Presa de Asuán, en el Nilo, Egipto, han contribuido al enorme incremento de la esquistosomiasis en estas zonas.

La Esquistosomiasis (la bilharziasis).

De los 200 millones de personas en el mundo infectadas por el gusano que causa la esquistosomiasis, unos 20 millones son víctimas de graves consecuencias. Todavía se encuentra la enfermedad en 74 países.

Los estudios muestran que la enfermedad ha disminuido un 77 por ciento en algunas zonas en las que se ha suministrado agua de mejor calidad y acceso a la sanidad.

88 millones de niños menores de quince años se infectan cada año con la esquistosomiasis.

80 % de las transmisiones tienen lugar en África Subsahariana.

Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua

Son aquellas enfermedades transmitidas por vectores, como los mosquitos y las moscas tse-tsé, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas.

Millones de personas padecen infecciones transmitidas por estos vectores que infectan al hombre con malaria, fiebre amarilla, dengues, enfermedad del sueño y filariasis. La malaria, la enfermedad más extendida, es endémica en 100 países en vías desarrollo, arriesgando la vida de unos 2.000 millones de personas. Sólo en África Subsahariana, se estima que el coste anual de la malaria es de 1.700 millones de dólares americanos en tratamientos y pérdidas de productividad.

La incidencia de estas enfermedades parece estar aumentando. Hay muchas razones para ello: la gente está desarrollando resistencia a los medicamentos que ayudan a combatir la malaria; los mosquitos están desarrollando resistencia al DDT, el insecticida de mayor uso; los cambios medioambientales están creando nuevos lugares de cría;

Por otra parte la migración, el cambio climático y la creación de nuevos hábitats provocan que menos gente desarrolle una inmunidad natural a estas enfermedades.



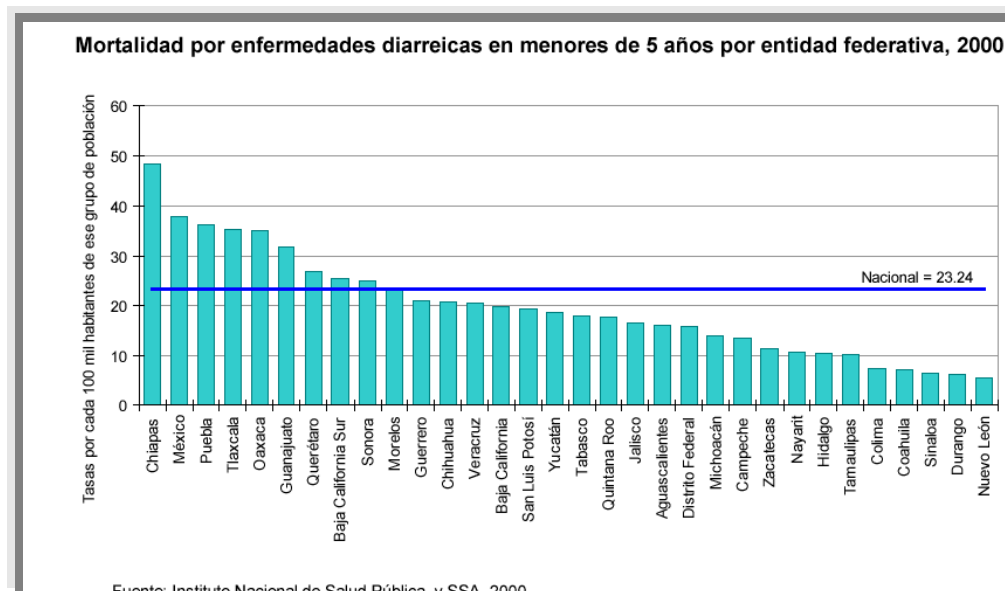
➤ Malaria

Más de 1 millón de personas muere de malaria cada año. Cerca del 90 % de la tasa anual de muertes por malaria tienen lugar en África Subsahariana. La malaria causa por lo menos 300 millones de casos de enfermedad aguda cada año. La enfermedad le cuesta anualmente a África más de 12 millones de dólares americanos y retrasa el crecimiento económico de los países africanos un 1,3% al año. Dormir bajo mosquiteras sería una manera simple y eficaz de prevenir muchos casos de malaria, sobre todo en niños menores de cinco años. Enfermedades vinculadas a la escasez de agua. Estas enfermedades, que incluyen el tracoma y la tuberculosis, se propagan en condiciones de escasez de agua dulce y sanidad deficiente.

Para abastecer a los 5.000 millones más de habitantes que se estima vivirán en el planeta en el año 2050, hace falta ofrecer sistemas de alcantarillado para los 383.000 nuevos consumidores diarios. Estas enfermedades avanzan sin parar a través del mundo. Pero pueden controlarse fácilmente con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable.

Information basada en: **People and the Planet**  
**Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos**

Entre otras cosas, gracias a los esfuerzos por desinfectar el agua se ha experimentado una reducción muy importante de la mortalidad infantil por enfermedades diarreicas, así como la eliminación de casos de cólera. (VEASE GRAFICA II-II)







## 2.8 FUENTES DE CONTROL

Las principales fuentes de contaminación acuática pueden clasificarse como urbanas, industriales y agrícolas.

La contaminación urbana está formada por las aguas residuales de los hogares y los establecimientos comerciales. Durante muchos años, el principal objetivo de la eliminación de residuos urbanos fue tan sólo reducir su contenido en materias que demandan oxígeno, sólidos en suspensión, compuestos inorgánicos disueltos (en especial compuestos de fósforo y nitrógeno) y bacterias patógenas. En los últimos años, por el contrario, se ha hecho más hincapié en mejorar los medios de eliminación de los residuos sólidos producidos por los procesos de depuración.

Los principales métodos de tratamiento de las aguas residuales urbanas tienen tres fases: el tratamiento primario, que incluye la eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación (agregación de los sólidos) y la sedimentación; el tratamiento secundario, que implica la oxidación de la materia orgánica disuelta por medio de lodo biológicamente activo, que seguidamente es filtrado; y el tratamiento terciario, en el que se emplean métodos biológicos avanzados para la eliminación del nitrógeno, y métodos físicos y químicos, tales como la filtración granular y la adsorción por carbono activado. La manipulación y eliminación de los residuos sólidos representa entre un 25 y un 50% del capital y los costes operativos de una planta depuradora (véase Depuración de aguas).

Las características de las aguas residuales industriales difieren bastante dependiendo del tipo de actividad que cada industria desarrolle. El impacto de los vertidos industriales depende no sólo de sus características comunes, como la demanda bioquímica de oxígeno, sino también de su contenido en sustancias orgánicas e inorgánicas específicas. Hay tres opciones (que no son mutuamente excluyentes) para controlar los vertidos industriales. El control puede tener lugar allí donde se generan dentro de la planta; las aguas pueden tratarse previamente y descargarse en el sistema de depuración urbana; o pueden depurarse por completo en la planta y ser reutilizadas o vertidas sin más en corrientes o masas de agua.

La agricultura, la ganadería estabulada (vacuno y porcino principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de fósforo y nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales. Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos. Los residuos de los criaderos industriales se eliminan en tierra por contención, por lo que el principal peligro que representan es el de la filtración y las escorrentías.

Las medidas de control pueden incluir el uso de depósitos de sedimentación para líquidos, el tratamiento biológico limitado en lagunas aeróbicas o anaeróbicas, y toda una serie de métodos adicionales.



## 2.9 NATURALEZA DE LAS AGUAS RESIDUALES

El origen, composición y cantidad de los desechos están relacionados con los hábitos de vida vigentes. Cuando un producto de desecho se incorpora al agua, el líquido resultante recibe el nombre de agua residual.

### Origen y cantidad

Las aguas residuales tienen un origen doméstico, industrial, subterráneo y meteorológico, y estos tipos de aguas residuales suelen llamarse respectivamente, domésticas, industriales, de infiltración y pluviales.

Las aguas residuales domésticas son el resultado de actividades cotidianas de las personas.

La cantidad y naturaleza de los vertidos industriales es muy variada, dependiendo del tipo de industria, de la gestión de su consumo de agua y del grado de tratamiento que los vertidos reciben antes de su descarga. Una acería, por ejemplo, puede descargar entre 5.700 y 151.000 litros por tonelada de acero fabricado. Si se practica el reciclado, se necesita menos agua.

La infiltración se produce cuando se sitúan conductos de alcantarillado por debajo del nivel freático o cuando el agua de lluvia se filtra hasta el nivel de la tubería. Esto no es deseable, ya que impone una mayor carga de trabajo al tendido general y a la planta depuradora. La cantidad de agua de lluvia que habrá que drenar dependerá de la pluviosidad así como de las escorrentías o rendimiento de la cuenca de drenaje.

Un área metropolitana estándar vierte un volumen de aguas residuales entre el 60 y el 80% de sus requerimientos diarios totales, y el resto se usa para lavar coches y regar jardines, así como en procesos como el enlatado y embotellado de alimentos.

### Composición

La composición de las aguas residuales se analiza con diversas mediciones físicas, químicas y biológicas. Las mediciones más comunes incluyen la determinación del contenido en sólidos, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y el pH.

Los residuos sólidos comprenden los sólidos disueltos y en suspensión. Los sólidos disueltos son productos capaces de atravesar un papel de filtro, y los suspendidos los que no pueden hacerlo. Los sólidos en suspensión se dividen a su vez en depositables y no depositables, dependiendo del número de miligramos de sólido que se depositan a partir de 1 litro de agua residual en una hora.



Todos estos sólidos pueden dividirse en volátiles y fijos, siendo los volátiles, por lo general, productos orgánicos y los fijos materia inorgánica o mineral. (VEASE TABLA II-III)

Tipos de sólidos	Sólidos (mg/l)			DBO <sub>5</sub> mg/l	DQO mg/l
	Fijos	Volátiles	Total mg/l		
Suspendidos	70	175	245	110	108
Precipitables	45	100	145	50	42
No precipitables	25	75	100	60	66
Disueltos	210	210	420	30	42
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>385</b>	<b>665</b>	<b>140</b>	<b>150</b>

COMPOSICION DE AGUAS RESIDUALES

TABLA II-III

La concentración de materia orgánica se mide con los análisis DBO5 y DQO. La DBO5 es la cantidad de oxígeno empleado por los microorganismos a lo largo de un periodo de cinco días para descomponer la materia orgánica de las aguas residuales a una temperatura de 20 °C. De modo similar, la DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de dicromato en una solución ácida y convertirla en dióxido de carbono y agua. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO5 porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente.

La DBO5 suele emplearse para comprobar la carga orgánica de las aguas residuales municipales e industriales biodegradables, sin tratar y tratadas. La DQO se usa para comprobar la carga orgánica de aguas residuales que, o no son biodegradables o contienen compuestos que inhiben la actividad de los microorganismos. El pH mide la acidez de una muestra de aguas residuales (véase Ácidos y bases). Los valores típicos para los residuos sólidos presentes en el agua y la DBO5 del agua residual doméstica aparecen en la tabla adjunta. El contenido típico en materia orgánica de estas aguas es un 50% de carbohidratos, un 40% de proteínas y un 10% de grasas; y entre 6,5 y 8,0, el pH puede variar.

No es fácil caracterizar la composición de los residuos industriales con arreglo a un rango típico de valores dado según el proceso de fabricación. La concentración de un residuo industrial se pone de manifiesto enunciando el número de personas, o equivalente de población (PE), necesario para producir la misma cantidad de residuos.

Este valor acostumbra a expresarse en términos de DBO5. Para la determinación del PE se emplea un valor medio de 0,077 kg, en 5 días, a 20 °C de DBO por persona y día.

El equivalente de población de un matadero, por ejemplo, oscilará entre 5 y 25 PE por animal.

La composición de las infiltraciones depende de la naturaleza de las aguas subterráneas que penetran en la canalización. El agua de lluvia residual contiene concentraciones significativas de bacterias, elementos traza, petróleo y productos químicos orgánicos.





## Depuración De Aguas Residuales

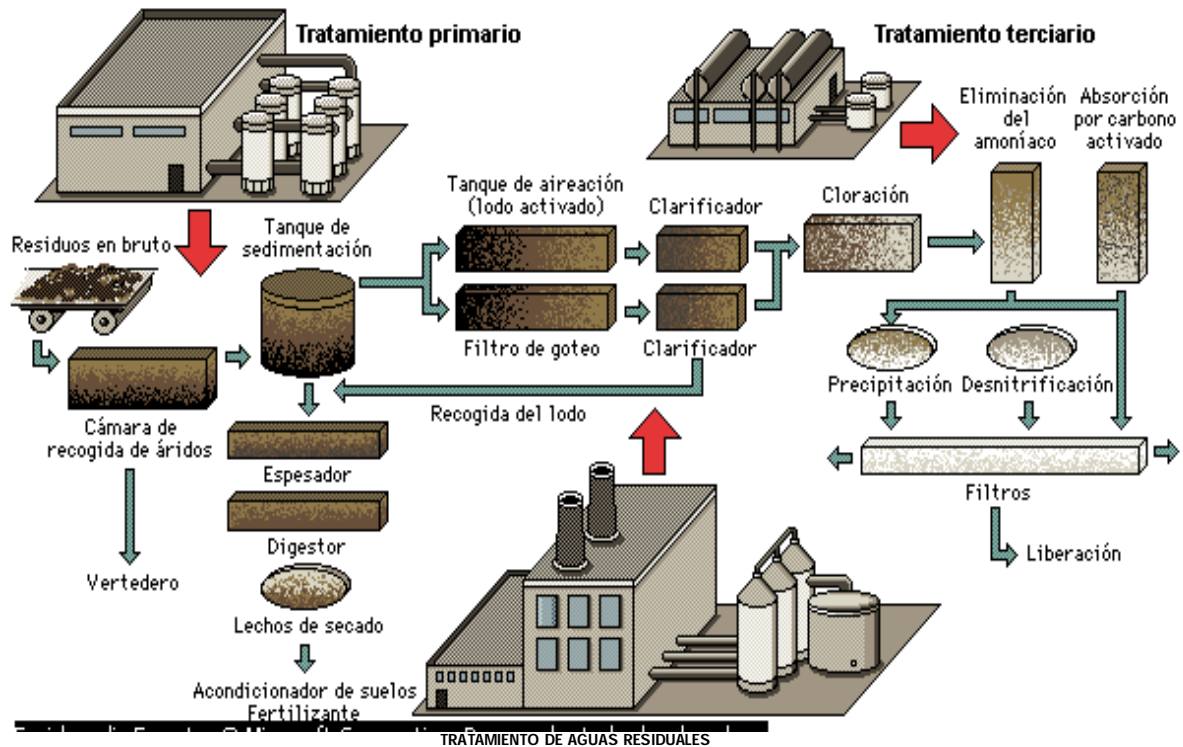


FIGURA 2-2

Tratamiento de aguas residuales Las aguas residuales contienen residuos procedentes de las ciudades y fábricas. Es necesario tratarlos antes de enterrarlos o devolverlos a los sistemas hídricos locales. En una depuradora, los residuos atraviesan una serie de cedazos, cámaras y procesos químicos para reducir su volumen y toxicidad. Las tres fases del tratamiento son la primaria, la secundaria y la terciaria. En la primaria, se elimina un gran porcentaje de sólidos en suspensión y materia inorgánica. En la secundaria se trata de reducir el contenido en materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales. La terciaria es necesaria cuando el agua va a ser reutilizada; elimina un 99% de los sólidos y además se emplean varios procesos químicos para garantizar que el agua esté tan libre de impurezas como sea posible.

Los procesos empleados en las plantas depuradoras municipales suelen clasificarse como parte del tratamiento primario, secundario o terciario. (VEASE FIGURA 2-2)



### 2.9.1 TRATAMIENTO PRIMARIO

Las aguas residuales que entran en una depuradora contienen materiales que podrían atascar o dañar las bombas y la maquinaria. Estos materiales se eliminan por medio de enrejados o barras verticales, y se queman o se entierran tras ser recogidos manual o mecánicamente. El agua residual pasa a continuación a través de una trituradora, donde las hojas y otros materiales orgánicos son triturados para facilitar su posterior procesamiento y eliminación.

**Cámara de arena;** En el pasado, se usaban tanques de deposición, largos y estrechos, en forma de canales, para eliminar materia inorgánica o mineral como arena, sedimentos y grava. Estas cámaras estaban diseñadas de modo que permitieran que las partículas inorgánicas de 0,2 mm o más se depositaran en el fondo, mientras que las partículas más pequeñas y la mayoría de los sólidos orgánicos que permanecen en suspensión continuaban su recorrido.

Hoy en día las más usadas son las cámaras aireadas de flujo en espiral con fondo en tolva, o clarificadores, provistos de brazos mecánicos encargados de raspar. Se elimina el residuo mineral y se vierte en vertederos sanitarios. La acumulación de estos residuos puede ir de los 0,08 a los 0,23 m<sup>3</sup> por cada 3,8 millones de litros de aguas residuales.

**Sedimentación;** Una vez eliminada la fracción mineral sólida, el agua pasa a un depósito de sedimentación donde se depositan los materiales orgánicos, que son retirados para su eliminación. El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO<sub>5</sub> y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión.

La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación. La coagulación es un proceso que consiste en añadir productos químicos como el sulfato de aluminio, el cloruro férrico o polielectrolitos a las aguas residuales; esto altera las características superficiales de los sólidos en suspensión de modo que se adhieren los unos a los otros y precipitan.

La floculación provoca la aglutinación de los sólidos en suspensión. Ambos procesos eliminan más del 80% de los sólidos en suspensión.

**Flotación;** Una alternativa a la sedimentación, utilizada en el tratamiento de algunas aguas residuales, es la flotación, en la que se fuerza la entrada de aire en las mismas, a presiones de entre 1,75 y 3,5 kg por cm<sup>2</sup>. El agua residual, supersaturada de aire, se descarga a continuación en un depósito abierto. En él, la ascensión de las burbujas de aire hace que los sólidos en suspensión suban a la superficie, de donde son retirados. La flotación puede eliminar más de un 75% de los sólidos en suspensión.





**Digestión;** La digestión es un proceso microbiológico que convierte el lodo, orgánicamente complejo, en metano, dióxido de carbono y un material inofensivo similar al humus. Las reacciones se producen en un tanque cerrado o digestor, y son anaerobias, esto es, se producen en ausencia de oxígeno. La conversión se produce mediante una serie de reacciones. En primer lugar, la materia sólida se hace soluble por la acción de enzimas.

La sustancia resultante fermenta por la acción de un grupo de bacterias productoras de ácidos, que la reducen a ácidos orgánicos sencillos, como el ácido acético. Entonces los ácidos orgánicos son convertidos en metano y dióxido de carbono por bacterias. Se añade lodo espesado y calentado al digestor tan frecuentemente como sea posible, donde permanece entre 10 y 30 días hasta que se descompone. La digestión reduce el contenido en materia orgánica entre un 45 y un 60%.

**Desecación;** El lodo digerido se extiende sobre lechos de arena para que se seque al aire. La absorción por la arena y la evaporación son los principales procesos responsables de la desecación.

El secado al aire requiere un clima seco y relativamente cálido para que su eficacia sea óptima, y algunas depuradoras tienen una estructura tipo invernadero para proteger los lechos de arena. El lodo desecado se usa sobre todo como acondicionador del suelo; en ocasiones se usa como fertilizante, debido a que contiene un 2% de nitrógeno y un 1% de fósforo.

## 2.9.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO

Una vez eliminados de un 40 a un 60% de los sólidos en suspensión y reducida de un 20 a un 40% la DBO5 por medios físicos en el tratamiento primario, el tratamiento secundario reduce la cantidad de materia orgánica en el agua. Por lo general, los procesos microbianos empleados son aeróbicos, es decir, los microorganismos actúan en presencia de oxígeno disuelto. El tratamiento secundario supone, de hecho, emplear y acelerar los procesos naturales de eliminación de los residuos. En presencia de oxígeno, las bacterias aeróbicas convierten la materia orgánica en formas estables, como dióxido de carbono, agua, nitratos y fosfatos, así como otros materiales orgánicos. La producción de materia orgánica nueva es un resultado indirecto de los procesos de tratamiento biológico, y debe eliminarse antes de descargar el agua en el cauce receptor.

Hay diversos procesos alternativos para el tratamiento secundario, incluyendo el filtro de goteo, el lodo activado y las lagunas.

**Filtro de goteo;** En este proceso, una corriente de aguas residuales se distribuye intermitentemente sobre un lecho o columna de algún medio poroso revestido con una película gelatinosa de microorganismos que actúan como agentes destructores. La materia orgánica de la corriente de agua residual es absorbida por la película microbiana y transformada en dióxido de carbono y agua. El proceso de goteo, cuando va precedido de sedimentación, puede reducir cerca de un 85% la DBO5.



**Fango activado;** Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floc, están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floc absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO5 fluctúa entre el 60 y el 85 %.

Un importante acompañante en toda planta que use lodo activado o un filtro de goteo es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga.

**Estanque de estabilización o laguna;** Otra forma de tratamiento biológico es el estanque de estabilización o laguna, que requiere una extensión de terreno considerable y, por tanto, suelen construirse en zonas rurales. Las lagunas opcionales, que funcionan en condiciones mixtas, son las más comunes, con una profundidad de 0,6 a 1,5 m y una extensión superior a una hectárea.

En la zona del fondo, donde se descomponen los sólidos, las condiciones son anaerobias; la zona próxima a la superficie es aeróbica, permitiendo la oxidación de la materia orgánica disuelta y coloidal. Puede lograrse una reducción de la DBO5 de un 75 a un 85 %.

**Tratamiento avanzado de las aguas residuales;** Si el agua que ha de recibir el vertido requiere un grado de tratamiento mayor que el que puede aportar el proceso secundario, o si el efluente va a reutilizarse, es necesario un tratamiento avanzado de las aguas residuales. A menudo se usa el término tratamiento terciario como sinónimo de tratamiento avanzado, pero no son exactamente lo mismo. El tratamiento terciario, o de tercera fase, suele emplearse para eliminar el fósforo, mientras que el tratamiento avanzado podría incluir pasos adicionales para mejorar la calidad del efluente eliminando los contaminantes recalcitrantes.

Hay procesos que permiten eliminar más de un 99% de los sólidos en suspensión y reducir la DBO5 en similar medida. Los sólidos disueltos se reducen por medio de procesos como la ósmosis inversa y la electrodiálisis. La eliminación del amoníaco, la desnitrificación y la precipitación de los fosfatos pueden reducir el contenido en nutrientes. Si se pretende la reutilización del agua residual, la desinfección por tratamiento con ozono es considerada el método más fiable, excepción hecha de la cloración extrema.

Es probable que en el futuro se generalice el uso de estos y otros métodos de tratamiento de los residuos a la vista de los esfuerzos que se están haciendo para conservar el agua mediante su reutilización. Véase Absorción; Precipitación.

**Vertido del líquido;** El vertido final del agua tratada se realiza de varias formas. La más habitual es el vertido directo a un río o lago receptor. En aquellas partes del mundo que se enfrentan a una creciente escasez de agua, tanto de uso doméstico como industrial, las autoridades empiezan a recurrir a la reutilización de las aguas tratadas para rellenar los acuíferos, regar cultivos no comestibles, procesos industriales, recreo y otros usos.



En un proyecto de este tipo, en la Potable Reuse Demonstration Plant de Denver, Colorado, el proceso de tratamiento comprende los tratamientos convencionales primario y secundario, seguidos de una limpieza por cal para eliminar los compuestos orgánicos en suspensión. Durante este proceso, se crea un medio alcalino (pH elevado) para potenciar el proceso. En el paso siguiente se emplea la recarbonatación para volver a un pH neutro. A continuación se filtra el agua a través de múltiples capas de arena y carbón vegetal, y el amoníaco es eliminado por ionización.

Los pesticidas y demás compuestos orgánicos aún en suspensión son absorbidos por un filtro granular de carbón activado.

Los virus y bacterias se eliminan por ozonización. En esta fase el agua debería estar libre de todo contaminante pero, para mayor seguridad, se emplean la segunda fase de absorción sobre carbón y la ósmosis inversa y, finalmente, se añade dióxido de cloro para obtener un agua de calidad máxima.

**Fosa séptica;** Un proceso de tratamiento de las aguas residuales que suele usarse para los residuos domésticos es la fosa séptica: una fosa de cemento, bloques de ladrillo o metal en la que sedimentan los sólidos y asciende la materia flotante. El líquido aclarado en parte fluye por una salida sumergida hasta zanjas subterráneas llenas de rocas a través de las cuales puede fluir y filtrarse en la tierra, donde se oxida aeróbicamente. La materia flotante y los sólidos depositados pueden conservarse entre seis meses y varios años, durante los cuales se descomponen anaeróbicamente.





### 3.1 ANTECEDENTES DEL AGUA EN EL VALLE DE MEXICO

En todo el país llueve un aproximado de 1511 kilómetros cúbicos de agua cada año, el equivalente a una piscina de un kilómetro de profundidad del tamaño de la capital, el Distrito Federal.

El 72% (1084 km<sup>3</sup>) de esa agua de lluvia se evapora.

México es en su mayoría un país árido o semiárido (en un 56%)

El 67% de las lluvias mexicanas caen en los meses de junio a septiembre.

Si promediamos la lluvia mexicana, el país recibe unos 711 mm cada año, no es mucho comparado con otros países. (1 mm de lluvia = 1 litro por m<sup>2</sup>).

El 50% de su superficie la tienen los estados norteros y ahí llueve tan sólo el 25% del total.

En la parte angosta del país, que ocupa el 27.5% del territorio cae la mayoría del agua de lluvia (49.6%) en los Estados del sur-sureste (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco).

Entre los Estados más secos está Baja California, tan solo llueve un promedio de 199 mm por año. En contraste está Tabasco que recibe 2588 mm de agua cada año.

En México llueve cada vez menos. De 1994 a la fecha ha llovido menos del promedio histórico anterior.

En la clasificación mundial, México está considerado como un país de disponibilidad baja de agua. Los países más ricos en disponibilidad de agua son Canadá y Brasil.

El agua se encuentra disponible en escurrimientos superficiales cuyo volumen promedio se estima en 410,164 millones de m<sup>3</sup> anuales.

Estos escurrimientos se distribuyen en 320 cuencas hidrológicas, en la vertiente del Pacífico las más importantes son las de los ríos Yaqui, Fuerte, Mezquital, Lerma, Santiago y Balsas, y en la vertiente del Golfo de México las cuencas de los ríos Bravo, Pánuco, Papaloapan, Grijalva y Usumacinta, y la del río Nazas entre las cuencas endorreicas.

Se considera que el volumen medio anual de los ríos en México es de 360 millones de m<sup>3</sup>. Cerca del 60 % de este caudal lo aportan siete ríos que drenan el 27 % del territorio, lo que indica una distribución desequilibrada.

Es un problema grave la distribución del agua debido a que el 80 % de los recursos hídricos se encuentran por debajo de los 500 m sobre el nivel del mar y a un nivel mayor se encuentra asentada más del 70 % de la población total y se desarrolla el 80 % de la actividad industrial.

El 55 % de la actividad industrial se encuentra en el Valle de México a más de 2000 m de altitud lo que genera graves problemas de abastecimiento de agua.



El agua subterránea es otra fuente importante de este recurso, sobre todo en aquellas regiones donde no existen escurrimientos superficiales considerables. Se ha estimado en 17,406 millones de m<sup>3</sup> el promedio de la recarga anual y en 16,395 millones de m<sup>3</sup> de extracción, así como en 110,350 millones de m<sup>3</sup> el volumen total de almacenamiento.

Para aprovechar este recurso el país cuenta con un sistema de obras hidráulicas para almacenamiento de 125,000 millones de m<sup>3</sup> y en lagos y lagunas 14,000 millones de m<sup>3</sup> que en total corresponde al 34 % del escurrimiento anual. Se estima que se pierde por evaporación 9,300 millones de m<sup>3</sup> anuales en los cuerpos de almacenamiento del país.

### 3.1.1 CALIDAD DEL AGUA EN MÉXICO

En México, como en muchos países del mundo, las principales fuentes de contaminación del agua se clasifican en tres grupos, de acuerdo con su procedencia.

- Sector social. Corresponde a las descargas de residuos de origen doméstico y público que constituyen las aguas residuales municipales. Está relacionado con la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado, se incrementa en los grandes asentamientos urbanos. El 60 % de la población mexicana está concentrada en las grandes ciudades. Se calcula que el 57 % de las aguas residuales son generadas por la población, principalmente por las zonas localizadas en torno a las ciudades de México (23 %), Monterrey (4.1 %) y Guadalajara (4 %). Se estima que sólo el 50% de la población dispone de sistema de alcantarillado.

- Sector industrial. Integrado por las descargas generadas de las actividades de extracción y transformación de recursos naturales usados como bienes de consumo y satisfactorios para la población. Se calcula que la industria genera el 43 % de las aguas residuales.

En México, el sector industrial se clasifica en 39 grupos, de acuerdo a los índices de extracción, consumo y contaminación, que genera el 82% del total de aguas residuales de la industria.

- Sector agropecuario. Constituido por los efluentes de las instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado mayor y menor, y por las aguas de retorno de los campos agrícolas.

### 3.2 ZONIFICACIÓN DEL VALLE DE MÉXICO

En la Ciudad de México se distinguen tres zonas de acuerdo al tipo de suelo:

**La zona I**, firme o de lomas se localiza en las partes más altas de la cuenca del valle, está formada por suelos de alta resistencia y poco deformables.

**La zona III** o de lago se localiza en las regiones donde antiguamente se encontraban los lagos de Texcoco y Xochimilco. El tipo de suelo consiste en depósitos lacustres muy blandos y deformables. Su alto contenido de agua favorece la amplificación de las ondas sísmicas.

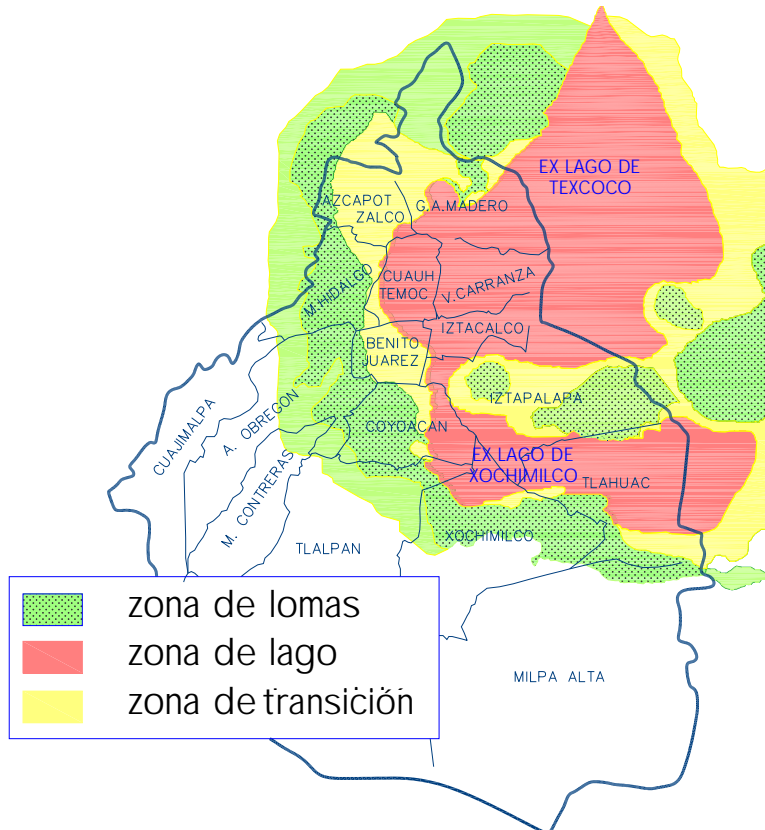
**La zona II** o de transición presenta características intermedias entre la Zonas I y III. (VEASE FIGURA 3-1)





El riesgo sísmico es la probabilidad de que ocurra un sismo que cause efectos como pérdidas humanas o daños materiales. Depende fuertemente de la cantidad y tipo de asentamientos humanos localizados en el lugar.

El riesgo sísmico en la Ciudad de México varía muchísimo de lugar a lugar. Pero en términos generales se puede decir que la zona III es la más vulnerable y que en la zona I el peligro es menor.



ZONIFICACION DEL VALLE DE MEXICO

FIGURA 3-1

Se calcula que la superficie agrícola de riego y temporal es de 28 millones de hectáreas, que se usan 92 500 millones de m<sup>3</sup> de agua y se consume el 82 % de ella por lo que la generación de aguas residuales es del 12 % (11 100 millones de m<sup>3</sup>).

Las aguas de retorno agrícola son una fuente de contaminación importante cuyo impacto se manifiesta en el alto porcentaje de cuerpos de agua que se encuentran en condiciones de **eutrofización**.





### 3.2.1 REFERENCIAS FÍSICAS DE LA DELEGACIÓN IZTAPALAPA

La Delegación Iztapalapa se encuentra al oriente del Distrito Federal, tiene una extensión de 105.8 km<sup>2</sup>, 7.5 % de la superficie del D.F. y su altura sobre el nivel del mar es de 2100 m.

Colinda: al norte con la Delegación Iztacalco, al sur con las Delegaciones Xochimilco y Tláhuac, al oriente con el Estado de México, al poniente con la Delegación Coyoacán y al norponiente con la Delegación Benito Juárez. Sus principales elevaciones son los cerros de la Estrella, el Peñón Viejo o del Marqués y la Sierra de Santa Catarina, donde se encuentran los volcanes de San Nicolás Xiltepetl, Xoltepetl y el Cerro de la Caldera.

Por la Delegación atraviesa el Río Churubusco que al unirse con el Río de la Piedad (ambos actualmente entubados), forman el Río Unido. También la cruza el Canal Nacional, actualmente una parte descubierta y otra convertida en Calzada La Viga.

El territorio de la Delegación Iztapalapa, presenta zona de lomas en un 30% esto debido a su orografía del sitio representado por el cerro de la estrella y la sierra de Santa Catarina, espacios formados por formaciones rocosas muy resistentes lo que manifiesta una resistencia muy alta al esfuerzo que pueda imprimir el ser humano.

Sobre este tipo de suelo, al igual que se manifiesta una zona de lago en un 40% lo ya que al delimitar con el ex lago de Texcoco y el ex lago de Xochimilco da como resultado que existan zonas de transición representadas en un 30% dentro de esta demarcación. Es sumamente importante destacar esta zonificación en la delegación ya que es parte importante de este trabajo que se está presentando, ya que tendrá una variación de trabajo depende de la zona en donde se va a trabajar. (VEASE FIGURA 3-2)

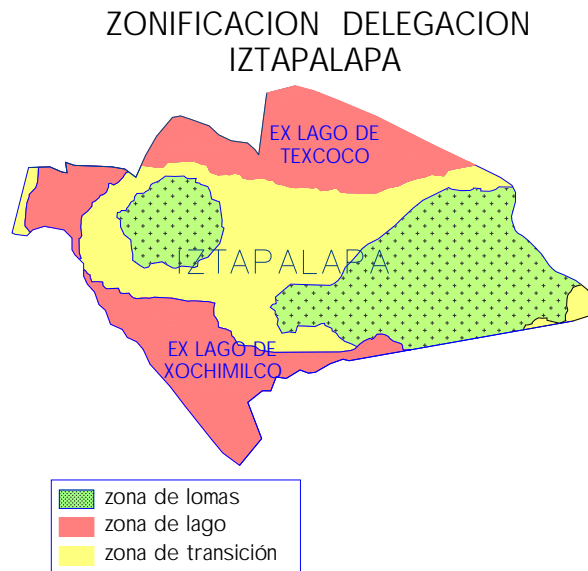


FIGURA 3-2





### 3.2.2 LOCALIZACIÓN

La Delegación Iztapalapa se encuentra situada en la región Oriente de la Ciudad de México o Distrito Federal, -Capital de los Estados Unidos Mexicanos- cuenta con una superficie aproximada de 117 kilómetros cuadrados, mismos que representan casi el 8% del territorio de la Capital de la República, y su altura sobre el nivel del mar es de 2100 m.

La jurisdicción tiene como rasgo característico, el que además de confluir con otras Delegaciones del Distrito Federal, involucra en sus límites a municipios pertenecientes al Estado de México, lo que obliga a que la política de desarrollo delegacional tenga que atender la compleja problemática que este tipo de conurbación genera. Iztapalapa colinda: al Norte, con la Delegación Iztacalco y el Municipio de Netzahualcóyotl -Estado de México- al Este.

Con los Municipios de los Reyes la Paz e Ixtapaluca -Estado de México- al Sur, con las Delegaciones Tláhuac y Xochimilco, al Oeste, con las Delegaciones Coyoacán y Benito Juárez. (VEASE FIGURA 3-3)

En este espacio se cuenta con realidades contrastantes, barrios y colonias que gozan de servicios públicos que las autoridades delegacionales les brindan con oportunidad, sin desconocer que también se enfrentan los rezagos sociales y marginación más profunda de la capital, pero que con acciones dinámicas y voluntad decidida se pretenden aminorar.

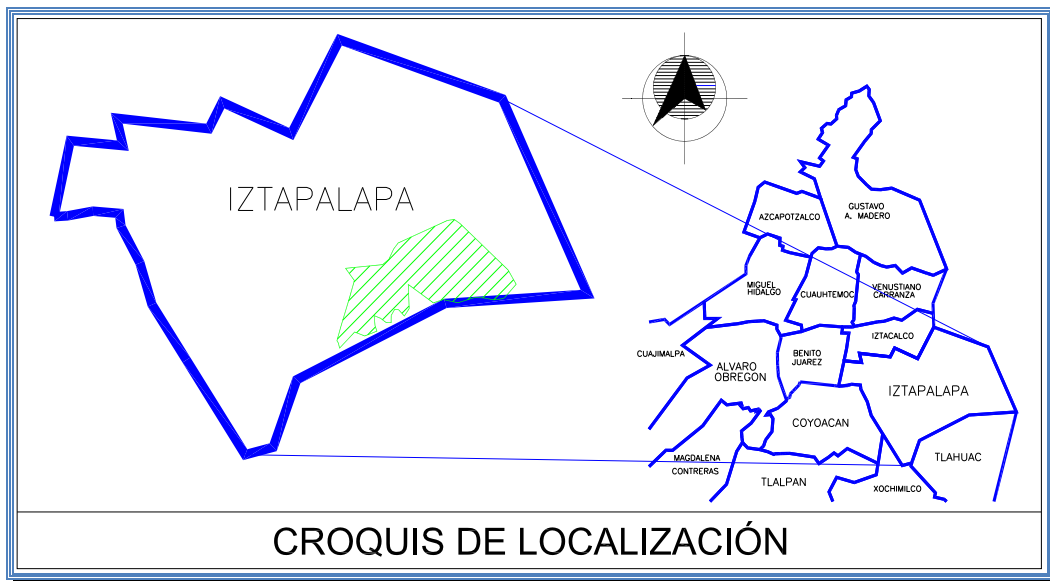


FIGURA 3-3

### 3.2.3 POBLACIÓN

Según cifras proporcionadas por el INEGI en el año 2000 Iztapalapa cuenta con el mayor número de población del Distrito Federal con casi 2.000.000 de habitantes y con una densidad aproximada de 12.000 personas por Km<sup>2</sup>.





En términos de población por sexo, el 49% corresponde a hombres y el 51% a mujeres. En lo que se refiere a la población por edades, el mayor rango está comprendido entre los 20 y 25 años de edad.

La población en edad de trabajar (mayor a 12 años) se calcula en casi 1.100.500 personas. Del total de esta población la económicamente activa representa el 46.3%. Los datos censales por su definición de ocupación que incluye tanto a la persona que trabaja como a la que buscó trabajo revela que la proporción de ocupados de la población activa es de 98.1%.

La Delegación Iztapalapa ha tenido un crecimiento vertiginoso en su población. De los 76.621 habitantes registrados en 1950, pasó en el año 2000, a una población de 1.771.673 habitantes, multiplicándose aproximadamente 23 veces en solo 5 décadas. (VEASE TABLA III-1)

Ordenamiento de las delegaciones según población total			
INEGI	Delegación	Población	
		Absoluta	Relativa
	Distrito Federal	8 591 309	100.00
	007 Iztapalapa	1 771 673	20.61
	005 Gustavo A. Madero	1 233 922	14.36
	010 Alvaro Obregón	685 327	7.98
	003 Coyoacán	639 021	7.44
	012 Tlalpan	580 776	6.76
	015 Cuauhtemoc	515 132	6.00
	017 Venustiano Carranza	462 089	5.38
	002 Azcapotzalco	440 558	5.13
	006 Iztacalco	410 717	4.78
	013 Xochimilco	368 798	4.29
	014 Benito Juarez	359 334	4.18
	016 Miguel Hidalgo	351 846	4.10
	011 Tláhuac	302 483	3.52
	008 Magdalena Contreras, La	221 762	2.58
	004 Cuajimalpa de Morelos	151 127	1.76
	009 Milpa Alta	96 744	1.13

POBLACION EN EL DISTRITO FEDERAL

TABLA III-1





AÑO	TOTAL	HOMBRES	%	MUJERES	%
1950	76621	37733	49.2	38888	50.8
1960	254355	125306	49.3	129049	50.7
1970	522095	259822	49.8	262273	50.2
1980	1262354	622628	49.3	639726	50.7
1990	1490499	730466	49.0	760033	51
1995	1696609	832343	49.1	864266	50.9
2000 P/	1771673	858952	48.5	912721	51.5

**POBLACION TOTAL POR SEXO 1950 - 2000;** FUENTE: Para 1950-1990: INEGI Distrito Federal, Resultados Definitivos: VII, VIII, IX, X y XI Censos Generales de Población y Vivienda, 1950, 1960, 1970, 1980 y 1990.  
Para 1995: INEGI Distrito Federal, Resultados Definitivos; Tabulados Básicos. Censo de Población y Vivienda, 1995  
Para 2000: INEGI Estados Unidos Mexicanos. Resultados Preliminares XII Censo General de Población y Vivienda, 1995  
**FUENTE:** Cuaderno Estadístico Delegacional, Edición 2000, Pág 23 Cuadro 2.1

POBLACION TOTAL POR SEXO

TABLA III-II

Lo más significativo, es que hablamos de una sociedad joven para 1995; la mayoría corresponde a los grupos de edad de 0 a 29 años, los cuales rebasan la cantidad de 75.0 habitantes.

Un rasgo importante para 1995, es que los grupos de edad entre 20 y 39 años han crecido notablemente con respecto a 1990. Siendo la tasa más alta el grupo de edad de 20 a 24 años de edad. Esto quiere decir que la mayor parte de la población de Iztapalapa, tiende a envejecer y la proporción de jóvenes será menor.

La población mayor de 55 años, es proporcionalmente pequeña con relación a la población de menor edad.

Considerando una población total de 1'077,330 entre la edad de 12 años y más, se tiene que los casados representan la cifra mayor 44.2% de los cuales el 72.6% están casados por las dos leyes civil y religioso. El 25.2% están casados por lo civil y solo el 2.2% por lo religioso.

Debido a que la población de Iztapalapa es joven, existen muchos solteros pero tendencialmente la proporción (41.5%), bajará en las próximas décadas.

Como se mencionó al principio y lo que refleja la siguiente tabla, Iztapalapa cuenta con el mayor número de población de las Delegaciones del Distrito Federal, le sigue la Delegación Gustavo A. Madero con una diferencia de 537,751 habitantes menos.

Si realizamos un comparativo entre Iztapalapa y Milpa Alta, resulta que habitan 1,674,929 más seres humanos en Iztapalapa que en la de menor población.

Sobre el particular y de manera apremiante, es necesario un enfoque a conciencia, de cada habitante de esta Delegación. Por ser muchos, es más fácil (participando tanto grupal como individualmente) el lograr día con día mayor calidad de vida en su entorno.

La población ocupada según el sexo y la ocupación principal, encontramos que el porcentaje más alto se encuentra en la ocupación de comerciantes y dependientes con un 17.4% y en segundo lugar está la de ser artesanos y obreros en un 15.7%.

Las ocupaciones habituales de los hombres son las de artesanos y obreros con un 20%, comerciantes y dependientes 16%, choferes 10%, trabajadores en servicios personales 7%, oficinistas 6% y ayudantes peones y similares con más del 5%.



En el caso de las mujeres en primer lugar comerciantes y dependientes con un 20%, en segundo lugar oficinistas 17%, trabajadores en servicios personales 9%, trabajadoras domésticas con un 8% y artesanas y obreras 7%. Servicios básicos, agua, luz y transporte. (VEASE TABLA III-II)

### 3.3 PROBLEMÁTICA DE ESCASEZ DE AGUA POTABLE EN IZTAPALAPA

El crecimiento demográfico de la Delegación representa una muy alta proporción del incremento total de la población del Distrito Federal. En la década 1970- 1980 correspondió al 54.3% del crecimiento del D.F. En la década 1980 – 1990, la Delegación tuvo un crecimiento de 341.088 habitantes, superior en 1.6 veces al crecimiento total del Distrito Federal, indicando que Iztapalapa fue asiento de numerosas familias que abandonaron Delegaciones Centrales y destino de familias procedentes de otras entidades federativas. En los últimos años ha alojado el 83.7% del crecimiento del Distrito Federal, agotando prácticamente su reserva de suelo urbanizable.

La sobreexplotación de los mantos acuíferos que abastecen al Valle de México compromete la disponibilidad de agua para la capital del País en el futuro. El DF es una de las ciudades que más intensivamente utiliza el agua subterránea para abastecerse, pues el 70 % del agua suministrada a la red proviene del subsuelo. En contraste, ciudades como Nueva York sólo utiliza un 1 por ciento del agua de los mantos acuíferos, en Toronto, Canadá no se abastece del subsuelo y Santiago de Chile solo extrae el 15 % de las profundidades para su red de agua potable.

El Distrito Federal extrae más agua de los mantos freáticos de la que se recarga por lluvias y escurrimientos. Cuatro de los principales mantos acuíferos están sobre-explotados según reportes de la Comisión Nacional del Agua (CNA).

Conforme se ha ido sacando más agua de la que regresa a los mantos acuíferos, el nivel de almacenamiento de los mismos ha descendido considerablemente, por lo que la profundidad de los pozos de extracción del Distrito Federal ha aumentado paulatinamente.

El ex secretario Técnico de la Comisión Ambiental Metropolitana, señaló que para mitigar los efectos de la sobreexplotación del acuífero, se debe defender con mayor fuerza legal el suelo de conservación para evitar que la mancha urbana cancele la captación de agua pluvial.

Otra acción, explicó, es el tratamiento y el reciclaje del agua residual, mediante el cual se puede reciclar hasta el 60% del agua que se consume en los domicilios y devolverla a los sanitarios o a los jardines, como en otros países.

El investigador del Centro de Geociencias de la UNAM, explicó que entre más profundo sea el pozo más antigua será el agua que se obtiene.

"La investigación del Centro de Geociencias comprueba que la edad del agua consumida en la Delegación Iztapalapa, de pozos de hasta 300 metros de profundidad, es milenaria", estimó.





"El agua que se extrae actualmente data de hace 35 mil años" se asegura. Según científicos, este tipo de agua presenta alto contenido de minerales dañinos para la salud como arsénico, flúor y boro lo que encarece el agua ya que tiene que pasar por procesos más sofisticados para su potabilización.

Explicó que los estudios de disponibilidad hechos por las autoridades están basados en la falsa premisa de que entre el 20 y 30 % del agua de lluvia recarga los acuíferos, lo que ha resultado falso según los últimos estudios.

"El agua disponible en el subsuelo es mucho menor de lo que se suponía y estas conclusiones tienen que conducir a un cambio total en los programas de planeación nacional y regionales en materia del agua", afirmó.

Además de los riesgos a la calidad y disponibilidad del agua que se relacionan con la sobreexplotación de los mantos acuíferos, también se generan hundimientos en la ciudad.

"La sobreexplotación está acelerando el hundimiento de la Ciudad de México y con ello los riesgos geológicos van en aumento". "El Centro Histórico del DF se ha hundido en un siglo 10 metros, en Iztapalapa, la sobreexplotación del acuífero está generando grietas en el suelo que hacen vulnerable a las viviendas ante un sismo", puntualizó.

Que los hundimientos debido a la sobreexplotación provoca una alta incidencia de fracturas en la tubería de agua potable causando fugas que hacen perder a la ciudad 12 mil litros de agua potable por segundo.

La población inmigrante se ha asentado en su mayoría al sur oriente de la Delegación, es decir, en las faldas de la Sierra de Santa Catarina, ocupando terrenos sin vocación para usos urbanos.

Lo anterior señala que en los últimos 30 años, Iztapalapa ha sido la principal reserva territorial para el crecimiento urbano del Distrito Federal y que ha cumplido una importante función en la redistribución de la población, alojando una proporción muy significativa de la construcción de nueva vivienda.

### **3.4 FUGAS Y MAS FUGAS SE REPARAN EN EL DISTRITO FEDERAL CON PICO Y PALA.**

Combaten fugas de agua con técnicas obsoletas, con ello se propicia el desperdicio del vital líquido en las entrañas del Distrito Federal el agua se fuga de la red urbana a un ritmo de 12 mil litros por segundo y al nivel de la calle, con picos, palas y pedazos de llanta usada, las cuadrillas de reparación dan la batalla contra 80 fugas diarias.

Los 12 mil litros por segundo que se desperdician en la Ciudad de México por fugas en su red de agua potable es suficiente como para abastecer a una ciudad de 4 millones de habitantes como Houston, Milán o Monterrey.

Mientras tanto, los trabajadores responsables de la reparación de fugas del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) no se dan abasto para atender el volumen de reportes que llegan de parte de los ciudadanos.

Todas las tardes, las cuadrillas reciben las órdenes de trabajo que concentran los reportes de llamadas telefónicas realizadas por los ciudadanos en el Centro de Información del Sistema. Cada una de las cuadrillas de 4 trabajadores, se dirige a los sitios en donde se ubican las fugas reportadas.



Ahí, la experiencia les permite "adivinar" el flujo y origen del agua que como arroyo o manantial brota en el pavimento de la calle.

Con pico y pala, algunas veces asistidos por un martillo neumático, "rastrean" el sitio preciso en donde la ruptura de un tubo ocasionó el brote de agua potable, que por lo general va a dar al drenaje y se mezcla con las aguas negras.

Luego de excavar un agujero más grande que el requerido, la fuga es detectada para que el ingeniero residente decida los materiales de reparación necesarios. "Muchas veces no hay material y debemos buscar en otros almacenes", argumentó el ingeniero Adrián Contreras, residente de obra. Mientras la fuga es localizada y reparada a media calle, el agua fluye pero los carros no.

El tránsito se congestiona durante varias horas e incluso días hasta que la Dirección General de Servicios Urbanos acude a reponer la carpeta asfáltica.

Según la Coordinación Técnica del SACM, de las 80 fugas reportadas diariamente, se repara el 70 % de ellas dentro de 24 horas y el resto dentro de 48 horas. Es así como el DF pierde el 35 % del agua potable suministrada a la red. Otras ciudades del mundo utilizan tecnología de punta para detectar y reparar las fugas en menos tiempo y sin afectar el tránsito.

El Sistema de Aguas del DF cuenta con 12 cuadrillas para reparar las 80 fugas diarias que en promedio se reportan en la Ciudad.

### 3.5 SUMINISTRO MÓVIL POR MEDIO DE PIPAS

Iztapalapa es una de las delegaciones donde el abasto de agua representa un serio problema. En esta zona existen varios pozos de extracción de agua de los acuíferos subterráneos, sin embargo no son suficientes para satisfacer la demanda. En la estación seca, la escasez de agua se acentúa, sobre todo en las partes altas.

En la delegación se cuenta con red de energía eléctrica en toda la demarcación y si bien es cierto que en algunas zonas se menciona que no existe dicho servicio, esto tiene que ver debido a que son asentamientos irregulares.

Vivir sin agua, es la realidad a la que se enfrentan miles de familias en las zonas pobres de la Ciudad de México, Iztapalapa es una de ellas. Ubicada al oriente de la ciudad, es la delegación más poblada del Distrito Federal con 1.773.343 habitantes, por lo que el abasto de agua se dificulta.





ABASTECIMIENTO DE AGUA POR MEDIO DE PIPAS.

FOTOGRAFIA No 2

Un ejemplo de lo que viven los ciudadanos de esa zona se da en la colonia San Miguel Teotongo, Ampliación Santiago, Xalpa. (VEASE FOTO No2)

Que pertenecen según Sistemas de Aguas del DF al Sector Huecampool Iztapalapa por mencionar algunos sectores o colonias afectadas por los escasos de este vital líquido.

A cada paso nos topamos con una historia común: la falta de agua.

### 3.5.1 ¡QUINCE DÍAS SIN AGUA...!

En medio de la precariedad, en calles sin pavimentar, y en espera de soluciones, los vecinos del lugar se quejan ante los micrófonos de la BBC de que tienen que esperar al menos 15 días o un mes para que les llegue el agua.

"Llega poca y cuando llega está amarilla casi no se puede usar", dicen vecinos de este lugar, quien nos invitó a visitar su casa para mostrarnos las condiciones en que recibe el líquido. Tienen que utilizar filtros de tela para intentar limpiar un poco el agua que le es suministrada a través de la red hidráulica o por pipas (tanques de agua) que tienen que pagar.



TANQUES PIPAS.

FOTOGRAFIA No 3



Para los habitantes de San Miguel Teotongo la frustración se convierte en indignación "luego pasan 3 o 4 días y no nos bañamos ¿por qué? Pues porque no tenemos nada de agua".

La gente aquí tiene que hacer uso de su ingenio para reutilizar el líquido, "nos bañamos y esa agua la apartamos para el baño o para limpiar la casa".

Según datos de la Comisión Nacional del Agua, México consume 78 millones de kilómetros cúbicos del vital líquido cada año, de los cuales el 12% lo consumen las ciudades, donde aproximadamente la **mitad de este porcentaje se desperdicia**.

Muchos coincidieron en que se tiene que racionalizar el agua en los barrios, donde el problema no es tan grave, para poder hacer un reparto más equitativo.

(VER FOTOGRAFIA No3)

También opinaron que si los costos por el suministro de agua fueran los justos, es decir, que paguen más quienes más consuman, se podría contar con mayores recursos para crear una infraestructura más eficiente.

### 3.5.2 LA ESCASEZ DE AGUA EN LA CIUDAD DE MÉXICO

#### Iztapalapa paga el pato

Cada año, la sed del oriente de la ciudad de México se acompaña de un debate sobre los motivos de la escasez. En estos días, en medio de la peor racha en su eterna crisis, Iztapalapa volvió a estar en el centro de la noticia y de un alud de declaraciones que decretaban "normalidad". En las calles y los hogares de la populosa delegación, sin embargo, lo normal son las cubetas vacías y el agua color tamarindo.



TAREA ESCOLAR: LLEVAR UNA CUBETA CON AGUA

FOTOGRAFIA No 4

Cubeta en mano, cuidando no derramar el agua, los niños entraron a la escuela.

La falta de agua en la delegación Iztapalapa llegó a tal nivel en días pasados que orilló a las autoridades de la primaria Axayacatl, en la colonia Miravalle, a condicionar la asistencia a que cada niño llevara una cubeta con el líquido.(VEASE FOTOGRAFIA No4)



“Nos dijeron que si no la llevábamos no podíamos entrar”, cuenta una alumna de cuarto grado, vestida con una playera de El Che. Dos amigas –de segundo y tercer grados– asienten, confirmando lo dicho por la mayor, quien prosigue: “El primer día no la llevé y me tuve que regresar a la casa por una”. Esto ocurrió durante tres días en el turno vespertino que cursan las chicas.

En los días más duros de la crisis 45 escuelas en la demarcación tuvieron que suspender clases por la falta de líquido, afirma el delegado de Iztapalapa.

A raíz de dos rupturas en la línea de conducción del sistema de pozos Mixquic-Tláhuac, que abastece el tanque La Caldera, y, poco después, a fallas electromecánicas en el equipo de bombeo de los pozos, y a una reducción en el caudal del acueducto.

El sistema Lerma-Cutzamala (por arreglo de fugas), y a apagones, desde el 31 de mayo Iztapalapa vive lo que para muchos es su peor crisis de agua en décadas.

Sumemos a lo anterior la prolongación del estiaje y las altísimas temperaturas, que aumentan la demanda de 10 a 15%.

Una crisis sobre crisis en la delegación siempre castigada por la escasez, con un déficit cotidiano de 2 mil litros de agua por segundo (hay escuelas, como la secundaria 317 “Octavio Paz”, en Lomas de la Estancia, que cotidianamente se abastecen por medio de pipas).

El asunto se agravó porque las 100 pipas de la delegación (más unas cuantas ofrecidas por otras demarcaciones) no se daban abasto. Cada pipa hacía, en estas pasadas semanas, hasta 10 o 12 viajes al día, con jornadas de hasta 16 horas. En cada viaje de una pipa con capacidad de 10 mil litros, surten a unos cuatro hogares, si éstos cuentan con cisterna.

Al año, según cuentas del director general de Servicios Urbanos de Iztapalapa, Alfonso Hernández, las pipas realizan entre 100 y 120 mil viajes, llegando a repartir hasta 3.5 millones de litros diarios.

En estos días, los vecinos llegaban a apuntarse en la lista para pedir pipa desde la madrugada (“Nunca había visto algo así”, cuenta Javier Alce, encargado de la toma de agua les llaman “garza”, ubicada en la salida a Puebla, frente a la cárcel de mujeres).

En total, más de 80 colonias de Iztapalapa resultaron afectadas. O sea, casi un tercio de una población de poco más de un millón 700 mil.

Es decir, más de medio millón de personas sufrieron una peor escasez a la que cotidianamente sufren. Los afectados equivalen a toda la población de la delegación Cuauhtémoc (516 mil) o la de Colima (542 mil 600).

La crisis llegó al grado que la Asamblea Legislativa propuso declarar la demarcación zona de desastre.

Y si bien el 9 de junio el delegado de esta demarcación escribió que “de no resolverse en lo inmediato la crisis por falta de agua en Iztapalapa, en breve una parte de la demarcación podría ser declarada zona de desastre ecológico”; ya para el día 16 afirmaba que al menos se había logrado “contener el problema”.

En contraste, sólo unas cuantas colonias de otras demarcaciones sufrieron la falta de agua.





¿Por qué?

30% de quien resultó afectado en Iztapalapa es población que de todos modos no recibe agua diariamente. Vive en las llamadas zonas "de tandeo", y recibe el agua, por lo general, uno o dos días a la semana en horas determinadas. Por poner un caso, si le tocaba a una manzana recibir agua los miércoles y no llegó ese día, tendría que esperar hasta el siguiente miércoles para tener agua en su cisterna, tinaco o tambos. Pero si al miércoles siguiente tampoco llega el agua, sumará dos semanas sin agua. Así ocurrió en los hogares de Lomas de la Estancia.

La situación ha llegado a ser tan crítica en estas últimas semanas que incluso ha faltado el agua en las tomas de agua ("garzas" que se alimentan por rebombeo de la línea primaria o de un pozo y dependen del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, SACM) donde se abastecen las pipas y reciben instrucción de dónde repartir agua.

Los piperos que normalmente se abastecen en la "garza" del panteón de San Lorenzo Tezonco tuvieron que recurrir a una "garza" en Tláhuac. Y por poco los linchan, cuenta uno de ellos: "Nos acusaban de estarnos llevando su agua. Se pusieron bien agresivo... ya ve que allá es pueblo. Creímos que nos iba a pasar como a los policías".

### "AGUA DE TAMARINDO"

Para estas dos familias que comparten domicilio en la colonia Miguel de la Madrid Hurtado, casi nada cambia con o sin crisis de agua. Ellas siempre piden una pipa a la semana para llenar su cisterna de unos 7 mil 500 litros.



"AGUA SUCIA" EN UNA DE LAS LLAVES

FOTOGRAFIA No 5

**Por qué?** se le pregunta a la mujer de mediana edad.

A modo de respuesta, señala un tambo metálico con agua turbia, como "café de calcetín". (VEASE FOTOGRAFIA No 5). "Así llega. Sólo la podemos usar para los baños. Si nos bañamos con ella nos sale salpullido y nos da comezón", explica. Ni pensar en usarla para beber o preparar los alimentos.

Incluso se encuentran milimétricos bichos negros y rojos, como larvas de mosquito, en la escasa agua que llegó a Lomas de la Estancia hace unos días.

El director general del SACM, lo admite: "El agua de Iztapalapa es la de peor calidad de la ciudad". Explica que se debe sobre todo a la que sale de los pozos. Pero añade al momento de ser distribuida por medio de las pipas o la red, es potable.





Él sin embargo confiesa que no se la tomaría.

Sin embargo, abundan los iztapalapenses que se resignan a usar la poca agua que les llega por tandeo para la preparación de los alimentos. Y todos tienen una receta casera por compartir: "Pon cal en una tela y esa la amarra a la llave. Así, el agua pasa a través de la tela y se filtra y con la cal se pone más transparente el agua", cuenta una mujer mayor, que describe el agua de la llave como "agua de tamarindo".

La mitad de los habitantes padece "escasez o mala calidad del agua", explica la diputada de esta zona.

Para colmo, en estos días de escasez, la poca agua que hay se sedimenta en las tuberías y sale más sucia.

El joven de la familia regresa de la tiendita y le da una Coca Cola al operador de la pipa y otra a su chalán. Será toda la propina que reciban en este hogar.

En el siguiente no les irá mejor: 16 pesos les da una mal encarada señora que pide un cuarto de pipa para su pileta (que tiene un turbio fondo de agua).

Las propinas son todo un tema entre los piperos y quienes reciben el servicio.

Por un lado, el servicio es, claro, gratuito, pero muchos piperos, sobre todo los chalanes de los operadores, son voluntarios en espera de un contrato de eventuales y, más tarde, de una plaza. Pero esta transición puede llevar varios años, y mientras, sólo viven de las propinas.

El pago por el servicio es, finalmente, un ahorro para la delegación y por ende, una situación permitida por las autoridades: en la "garza" frente a la cárcel de mujeres, un pipero, de unos 20 años, se acerca con timidez: "Yo nomás quisiera denunciar que somos varios voluntarios que ya teníamos contrato (por tres meses).

Y que desde enero no nos lo renovaron (yo lo tenía desde 1998) y cuando preguntamos qué había pasado nos dijeron que hubo fallas en el sistema, que ya casi nos lo van a dar, pero no nos dan nada".

Probablemente, aunque todos tuvieran contrato, la práctica de dar propina no cesaría. Pero al menos los piperos no dependerían de ellas y quizá habría menos tensiones entre vecinos y piperos.

Testimonios de estas tensiones se escuchan por todos lados: piperos se quejan de que ni siquiera les dan pal chesco, en tanto que vecinos acusan a los piperos de favorecer a otros que dan propinas mayores.

Al final del día, quienes menos tienen terminan pagando más por el líquido esencial, ya sea a través de propinas, garrafones, medicinas para combatir infecciones relacionadas con la mala calidad del líquido, y un largo etcétera que incluye las noches en vela esperando oír si cae el agua o si llega la pipa.

Y mientras, los habitantes no ven para cuándo vayan a cambiar las cosas.

El Brujo, de 56 años, se acaba de jubilar después de 33 años de pipero.

Su yerno, Juan Carlos Neri, cuenta: "Dice (El Brujo) que cuando entró a trabajar, le decían, 'no seas tonto, ya les están metiendo agua a las colonias, se va a acabar el trabajo'. Y ahora él les dice a ellos: 'Yo ya me acabé. Y el que no se acabó fue el trabajo. ¡Hasta está peor!'"



### 3.5.3 EN LA INSACIABLE CIUDAD, IZTAPALAPA ES LA QUE PASA SED.



PROTESTA VECINAL POR LA CALIDAD DE AGUA QUE LES ABASTECEN

FOTOGRAFIA No 6

#### ¿Por qué no alcanza el agua para toda la población de la ciudad de México?

Los expertos dicen que es porque traen el agua desde el poniente y no alcanza a llegar hasta el oriente.

Vayamos por partes.

¿Cuánta agua se consume en la ciudad de México?

35 metros cúbicos por segundo. O sea, 35 mil litros por segundo para 8 millones 605 mil 239 habitantes.

Pero no consume lo mismo un vecino del Pedregal que uno de la Narvarte.

¿Cuánta agua consume un individuo que vive en la Miguel Hidalgo? Entre 500 y 600 litros diarios por persona.

Y, ¿cuánto uno de Iztapalapa? Cerca de 80 litros diarios por persona.

(Sin olvidar que se detectan 4 mil fugas al año en la demarcación.)

Por otro lado, ¿de dónde proviene el agua?

60% de los pozos del mismo DF, o sea, 20 metros cúbicos por segundo.

El restante, del sistema Lerma Cutzamala.

Ahora, ¿por qué algunas zonas son de tandeo y otras no?

La explicación de los expertos es que el agua viene del poniente y tiene que cruzar toda la ciudad, de modo que se va quedando en los negocios, hogares, hoteles, restaurantes, jardines, campos de golf, hasta que, del potente caudal que entró a la ciudad, sólo queda un débil chorro que no alcanza a trepar los cerros de Iztapalapa para surtir a las familias que los habitan. (Cerca de 20% de su abastecimiento es del Lerma-Cutzamala.)

La presión mínima requerida en Iztapalapa es de 2.4 kg/cm<sup>2</sup> y la media de enero a mayo en este año fue de 1.5 –en el mismo periodo de 2001, fue de 2.3.

Entonces, si se redujera el consumo del resto de los capitalinos, ¿podría llegar con más potencia a Iztapalapa? ¿Es técnicamente posible una mejor distribución y uso del agua? (VEASE FOTOGRAFIA No 7)

La Diputada de la demarcación opina que sí. Que si no se le da solución es por una cuestión política, más que técnica.





El ingeniero Martínez explica que un paso en este sentido es la "sectorización" de la red de agua potable que está en marcha. Va a permitir –dice– "controlar el volumen y la presión", lo cual ayudará a que "en zonas de tandeo haya más agua disponible".

Martínez asegura que en esta ciudad está garantizada la demanda de los próximos 20 años (con el actual índice de crecimiento), aunque la ciudad reciba la misma cantidad de agua.

Mientras tanto, las autoridades se echan la bolita: el Estado de México tiene una queja histórica contra el DF por "llevarse" su agua; el SACM culpa a los apagones y acusa a la Comisión Nacional del Agua (CNA) de no proporcionar los caudales pactados para la ciudad; la CNA culpa a las autoridades delegacionales.

La semana pasada, el SACM, la CNA y la delegación reiteraron que ya se estaba restableciendo el servicio. Sin embargo, Ing. Martínez admitió que en las zonas de tandeo esto tardaría en suceder. Así lo pudo constatar Masiosare en lugares como Lomas de la Estancia.

Durante las negociaciones de estos días entre la CNA, el SACM y la delegación, la CNA se comprometió a destinar 48 millones de pesos a construir este año ocho pozos de absorción en Iztapalapa.

Más allá de esto, el delegado afirma la necesidad de "concluir el acuaférico y equilibrar la repartición de agua, (...) y prohibir la construcción de vivienda".

Pero mientras el agua siga llegando a chorritos y como café de calcetín, y en la mayor parte de la ciudad fluye tranquilamente, los iztapalapenses continuarán tomando calles, plantándose frente a las oficinas federales de la CNA, secuestrando pipas y haciendo cualquier cosa con tal de tener agua limpia. (VEASE FOTOGRAFIA No 6)

### **Padecen desabasto de agua 300 mil habitantes de Iztapalapa**

#### **La carencia del líquido se debe a la descompostura en uno de los principales sistemas de suministro**

CIUDAD DE MEXICO, México, agot, 2009.- Los próximos jueves y viernes faltar el agua en 113 colonias de la delegación Iztapalapa, debido a reparaciones en las tuberías de los tanques del Cerro de la Estrella que almacenan este líquido.

Estamos estimando que tiene fugas entre 50 y 100 litros por segundo. Para hacer esto necesitamos dos días para hacer una operación que va a impedir el suministro de agua continua a unas 113 colonias de la delegación Iztapalapa.

El presidente de la Comisión de Gestión Integral del Agua de la Asamblea Legislativa, denunció que unas 300 mil personas de Iztapalapa sufren desabasto del líquido por la descompostura en uno de los principales sistemas de suministro.

El legislador del PRD señaló que las autoridades de la demarcación trabajan ya en la reparación del Tanque La Caldera, pero no han dicho cuánto tiempo tardarán en concluir los arreglos.

Se resalta la importancia que tiene dicho dispositivo, ya que es una de las tres principales fuentes de abastecimiento que tiene Iztapalapa.

Explicó que el Tanque La Caldera distribuye la tercera parte del agua potable en Iztapalapa, por lo que al estar sin funcionar miles de personas se quedarán sin el líquido por tiempo indefinido.





El legislador aseguró que como consecuencia, se sumarán al desabasto la Ermita Zaragoza y el Salado a las colonias Lomas de Zaragoza, Ixtlahuacan y San Miguel Teotongo en sus secciones Palmas, Cruces, Guadalupe Corrales y Rancho Bajo, además de la Unida de Ejército de Oriente en su Segunda Sección.



ACARREO DE AGUA POR MENORES DE EDAD (FOTOGRAFIA No 7)



PROTESTA POR FALTA DEL VITAL LIQUIDO (FOTOGRAFIA No8)

Dio a conocer que para mitigar ese desabasto, el gobierno delegacional implementará la distribución a través de 140 pipas.

Explicó que antes del desperfecto el citado tanque suministraba en forma normal 700 litros por segundo, pero debido a las obras bajó a 468, sin embargo, tras las fallas en las bombas de extracción, únicamente distribuía 356 en ese lapso, pero ahora ni eso.

Aunado a ese problema está la afectación del pozo de Xaltepec, el cual, al operar únicamente 12 de las 72 horas que debiera, afecta al menos diez colonias, entre ellas, Buenavista y Paraje, Buena Vista, las cuales se quedaron sin suministro desde las obras en el Distribuidor Vial.(VEASE FOTOGRAFIA No 8)

### 3.6 EL SISTEMA DE AGUAS ASEGURA QUE DARÁ UNA SOLUCIÓN PARA LOS MILLÓN Y MEDIO DE HABITANTES

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) se comprometió a resolver durante 2008 el problema de desabasto de agua para casi medio millón de habitantes en Iztapalapa, con una inversión de mil millones de pesos.

El director general del Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM), Ramón Aguirre Díaz, indicó que los recursos fueron autorizados para diversas obras por la Asamblea Legislativa del Distrito Federal (ALDF).

Durante un recorrido por las nuevas plantas de bombeo en el camellón de Periférico Oriente, vecinos de las colonias La Joya, Ampliación Casa Blanca, Lomas de San Lorenzo y Paraje San Juan reclamaron suministro y buena calidad del agua, así como condonación de pagos.



El funcionario respondió que los mil millones de pesos de inversión durante 2007 y 2008 en programas bianuales permitirán adicionar este año 850 litros por segundo al suministro del líquido a colonias como las mencionadas y otras de la Sierra de Santa Catarina. Sin embargo, explicó que la solución del problema será paulatino dada su magnitud y la imposibilidad de resolverlo en el corto plazo.

De acuerdo con sus estimaciones, la escasez y mala calidad del agua en Iztapalapa afecta a 20 por ciento de la población, es decir, entre 400 mil y 500 mil habitantes y para suministrarla adecuadamente se efectúan 10 obras con un costo total de mil millones de pesos.

Detalló que con los recursos citados se resolverá este año 90 por ciento del problema, mientras la solución del restante 10%, provocado por fugas, quedará pendiente para 2009.

De acuerdo con Director de Aguas del Distrito Federal, casi la totalidad de quienes sufren desabasto tendrán cantidad y calidad del agua suficientes a lo largo de 2008.

La delegación recibe actualmente casi cinco mil litros por segundo y con los 850 litros por segundo adicionales, hasta habitantes de zonas difíciles de abastecimiento, como la Sierra de Santa Catarina, recibirán agua a través de líneas directas.

El presidente de la Comisión de Gobierno de la Asamblea Legislativa, consideró positivo el avance de los trabajos, pues según informes de la delegación Iztapalapa, el desabasto de agua en el actual estiaje no ha sido tan grave como en otros años.

"Es el inicio, y aunque hay incredulidad de los vecinos, tengo la impresión de que vamos por buen camino. La información del jefe delegacional de Iztapalapa, es que la situación es menos complicada que en años anteriores", dijo.

Durante el recorrido puntualizó que el problema persiste, pero estas obras sientan las bases para una solución de fondo al problema, a lo cual la ALDF apoyará al Gobierno del Distrito Federal y a su organismo operador de aguas.

### **3.6.1 DESABASTO OBLIGA A IZTAPALAPA ADQUIRIR LÍQUIDO.**

Por primera vez la delegación Iztapalapa comprará agua, en municipios del Estado de México, para poder garantizar el abasto a los más de 500 mil habitantes afectados por el tercer corte en el suministro. El encargado de despacho de la jefatura delegacional en Iztapalapa, dijo que prevén destinar tres millones de pesos para adquirir 30 millones de litros de agua. En conferencia de prensa, detalló que la adquisición se hará con empresarios de Chimalhuacán, Chalco, Texcoco y San Vicente Chicoloapan.

El director general de Servicios Urbanos, indicó que el número de viajes diarios de pipas para surtir de líquido han pasado de 500 en temporada ordinaria a 800 durante la mañana de ayer. Atribuyó ese incremento al nuevo corte en el sistema Cutzamala que inició ayer y se prolongará hasta el domingo.

### **3.6.2 APLICA IZTAPALAPA PLAN EMERGENTE POR AGUA**

#### **La delegación llevará agua a las zonas donde hace falta y será de forma gratuita**

La delegación Iztapalapa puso en marcha un plan emergente de distribución de agua para enfrentar la escasez del líquido, ocasionada por los trabajos de sustitución de un ducto del Sistema Cutzamala.





El jefe delegacional, señaló que cerca de 40 mil personas de las colonias pertenecientes a la dirección territorial Aculco son las que hasta ahora han sido más afectadas por la interrupción en el suministro.

Abundó que el mayor problema se reporta en las colonias Progreso del Sur, Valle del Sur, Minerva, Sector Popular, Escuadrón 201, Héroes de Churubusco, Justo Sierra, San Andrés Tetepilco, Banjidal y el pueblo de Aculco.

Comentó que para llevar agua a las zonas donde hace falta la demarcación cuenta con 150 pipas que darán servicio gratuito a la población, dio el número telefónico para que los afectados denuncien cobros indebidos o abusos.

Horacio Martínez, exhortó a la población a racionalizar el consumo del líquido, pues el problema rebasa la capacidad de atención del gobierno delegacional y del Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

Se añade que personal de la Dirección General de Servicios Urbanos de Iztapalapa revisó el adecuado funcionamiento de los 73 pozos de agua que existen en la demarcación, cuatro de los cuales se encuentran fuera de servicio.

Dijo que giró un oficio al director general del Sistemas de Aguas de la Ciudad de México, Ramón Aguirre Díaz, para solicitarle la reparación de los pozos Peñón 9, Banjidal, San Juanico Nextipac y Unidad Modelo 2.

### 3.6.3 DISTRIBUYEN 19 MILLONES DE LITROS DE AGUA

El gobierno del Distrito Federal distribuyó durante el sábado y domingo 19 millones 797 mil litros de agua potable de forma gratuita para atender a las familias afectadas a consecuencia de la reducción del suministro de agua que llega procedente del Sistema Cutzamala.

De acuerdo con un reporte del Sistema de Aguas, de las delegaciones y del DIF-DF, durante el sábado pasado se realizaron mil 20 viajes en pipas para poner a disposición 9 mil 130 metros cúbicos de agua potable (que representan 9 millones 130 mil litros).

La delegación con mayor volumen recibido fue Iztapalapa, con 622 viajes con cinco mil 317 metros cúbicos, seguida de Tlalpan con 108 viajes con mil 77 metros cúbicos.

El domingo 15 se realizaron mil dos viajes en pipas y tráilers, entregando 10 mil 667 metros cúbicos de agua. Iztapalapa de nueva cuenta fue la delegación con el mayor número de viajes de las unidades de abasto con 514, entregando 5 mil 775 metros cúbicos, seguida de la delegación Tlalpan con 295 viajes con 3 mil 68 metros cúbicos.

El Sistema de Aguas aseguró que con estas acciones se minimizaron las deficiencias en el servicio de agua potable en las 13 delegaciones afectadas: Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Coyoacán, Cuajimalpa, Cuauhtémoc, Iztacalco, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Tláhuac, Tlalpan y Venustiano Carranza.

Debido al bajo almacenamiento que se presentan las presas del Sistema Cutzamala, la Conagua ordenó la reducción del 50 % del caudal durante este fin de semana largo, que incluyó este lunes que fue de asueto, para reducir al mínimo las afectaciones. Este es el segundo de cinco recortes previstos hasta el mes de junio.





## CAPÍTULO IV

### 4.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, UTILIZADAS PARA REHABILITAR REDES DE TUBERÍA DE AGUA POTABLE.

#### VENTAJAS:

- Tubería con gran flexibilidad.
- Gran resistencia a los asentamientos.
- Gran resistencia a los movimientos de tierra.
- Nulo mantenimiento.
- Reducción en tiempos y costos en su colocación.
- Superficie lisa en toda la tubería.
- Versátil en su manejo y operatividad.
- No necesita abrir zanja para su colocación.
- Ligera.
- No presenta corrosión.

#### DESVENTAJAS:

- Sufre alteraciones en la misma al aire libre por tiempos prolongados.
- Algunos químicos afectan a la misma (ácidos, cloruros, flúor, aceites, etc.) los cuáles pueden estar en contacto con la tubería, antes de su colocación, ya sea, durante su fabricación, manejo, traslado, almacenaje o ya instalada ya que podemos encontrar químicos disueltos en el subsuelo que afecten la composición de la misma.
- La presión de trabajo especificada puede alterarse al aumentar la temperatura exterior o interior.

#### ¿POR QUE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD?

Un sistema en polietileno ofrece una cantidad importante de ventajas sobre los sistemas convencionales:

- Pérdidas de carga por fricción mínimas
- No es atacada en ninguna forma por la corrosión
- Ausencia de sedimentos e incrustaciones en su interior
- Flexibilidad
- Elasticidad
- No mantiene deformaciones permanentes
- Peso reducido
- Longitudes mayores, lo cual reduce el número de uniones (menor costo) y reduce las posibilidades de fallas humanas en la instalación
- Fácil de transportar
- Larga vida útil

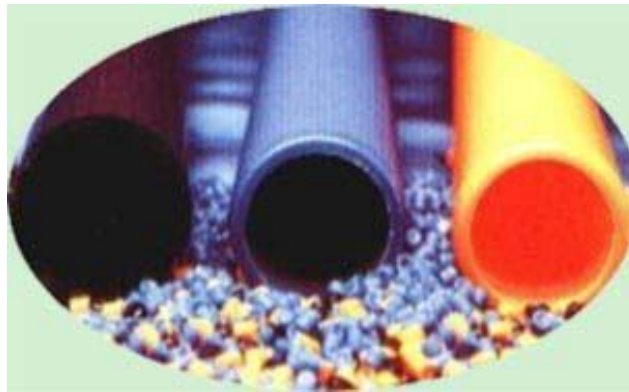




- Menor costo de adquisición e instalación
- Resistente a movimientos sísmicos
- Resistencia mecánica y ductilidad
- Resistente a bacterias y químicos
- El polietileno tiene también entre sus ventajas que es un producto reciclable, esto significa que puede ser utilizado por terceros para fabricar por ejemplo estibas plásticas, sillas ornamentales, macetas plásticas, etc. (VEASE FIGURA 4-1)

## DATOS TÉCNICOS

- 1.- Tabla para cálculo de pérdidas de flujo.
- 2.- Tabla de resistencia del PEAD a los agentes químicos.
- 3.- Grafica de vida útil.



TUBOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD

FIGURA 4-1

## TUBOS PARA LA CONDUCCION DE FLUIDOS NO DEGRADANTES REQUISITOS

Siendo los factores de rugosidad del PEAD muy inferior al de las tuberías convencionales, hace que las pérdidas de carga en tuberías de PEAD sean mínimas.



Las mismas pueden ser calculadas a partir del diagrama siguiente:

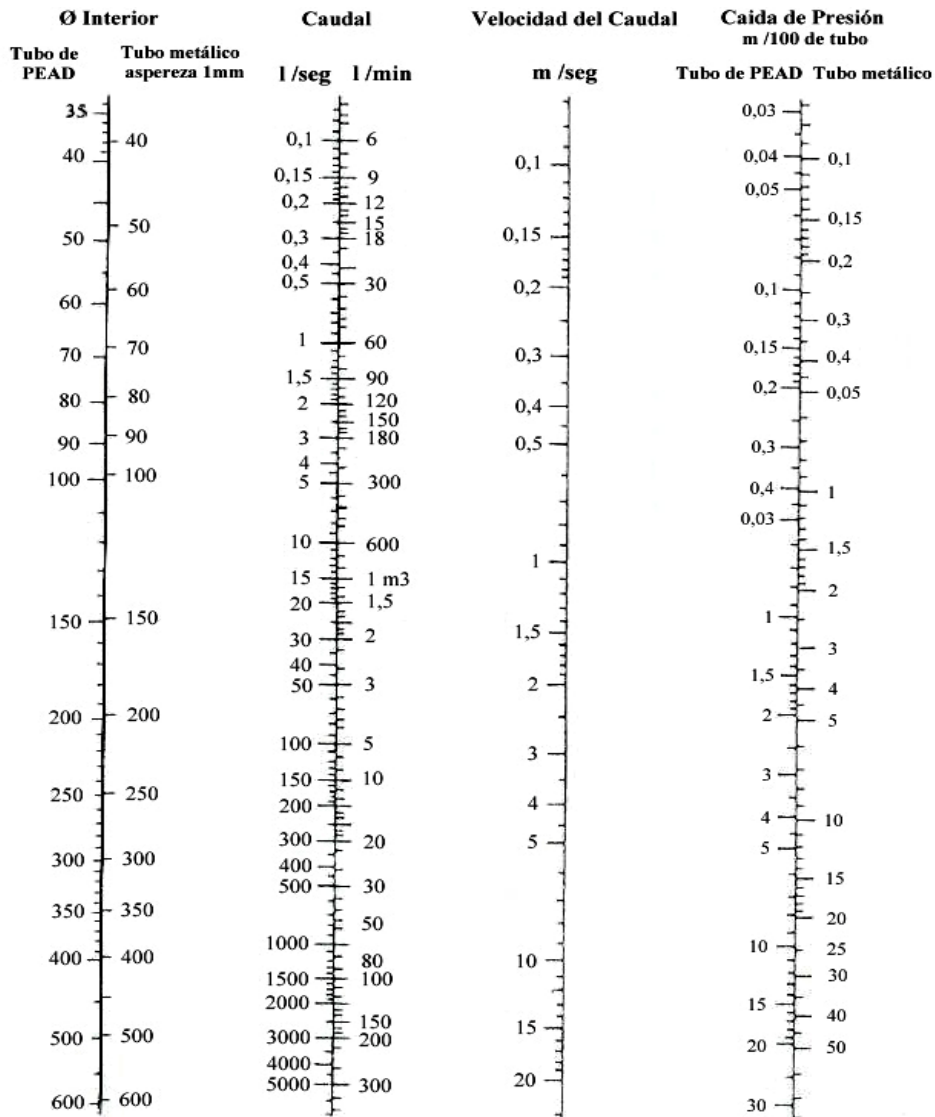


DIAGRAMA DE FLUJO

DIAGRAMA IV-1

Factor de reducción de presión vs. temperatura, aplicable a una vida útil de **50 años**.

Para temperaturas en el rango de 20 °C y 60 °C, el factor de reducción de presión dado en la figura 1 deberá ser aplicado, mediante el uso de la extrapolación de acuerdo con la norma ISO 9080.





## GRÁFICA DE VIDA ÚTIL DEL TUBO PEAD

Extrapolación gráfica para 50 años de la curva de resistencia en función del tiempo para 20° C. (VEASE DIAGRAMA IV-II)

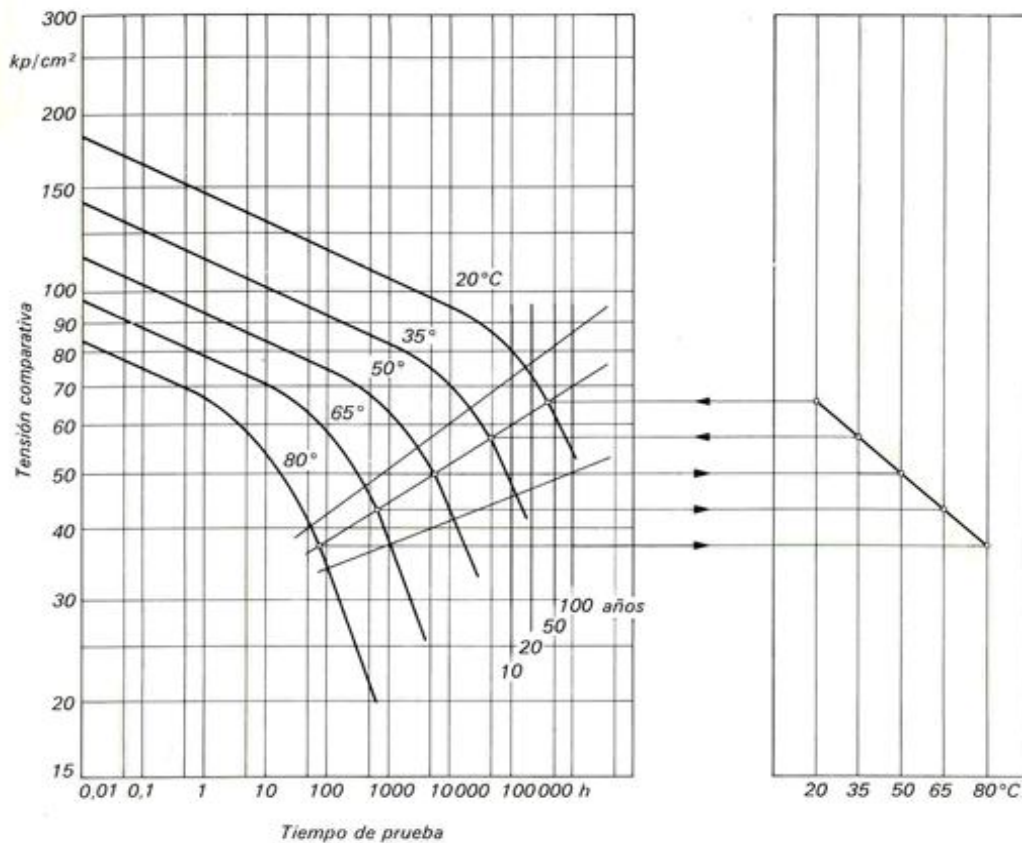


DIAGRAMA VIDA UTIL DEL TUBO

DIAGRAMA IV-II

## 4.2 ¿QUÉ ES EL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD?

El Polietileno de Alta Densidad es un material plástico que pertenece al grupo de los polímeros. Normalmente se lo clasifica por su densidad y puede ser de Alta Densidad (PEAD), de Media Densidad (PEMD) y de Baja Densidad (PEBD). Mientras más alta es la densidad, mayor es la resistencia del material.







La fabricación de tuberías de Polietileno de Alta Densidad comienza en la década del 50 como una respuesta a la necesidad de encontrar materiales alternativos a los materiales de la época (fierro, galvanizado, fibrocemento, etc.)

### **¿CUÁLES SON LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN CUANTO AL MATERIAL?**

- Las tuberías PEAD se caracterizan por ser flexibles, lo que permite su fabricación en bobinas (rollos) de 50, 100 o más metros. Entre las características de estas tuberías podemos citar las siguientes:
- Vida útil de más de 50 años.
- El material es 100% atóxico, porque a diferencia de otros plásticos no contiene sales de estaño o plomo (ideal para la conducción de agua potable y/o alimentos).
- Gran resistencia al impacto y a los suelos abrasivos (aspecto importante para zonas pedregosas).

### **¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD EN CUANTO A SU INSTALACIÓN?**

- Es un material muy liviano y fácil de transportar. Un rollo de 50 metros de tubería PEAD de 3" pesa menos de 60Kg.
- Como la tubería viene en longitudes de 50, 100 o más metros la instalación es muy ágil.
- No se necesitan codos ya que la tubería se puede doblar (ahorro en accesorios y menos pérdida de presión por fricción).
- Se utilizan menos uniones (una sola unión cada 100 metros), lo que resulta en una instalación mucho más segura.
- En la instalación de acometidas no se necesitan codos para subir desde la matriz hasta el medidor y no hay desperdicios de material porque se corta de un rollo la longitud exacta para cada acometida ya sea esta de 4, 5, 7, 10 o más metros.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD**

El polietileno es un derivado del gas etileno que es un derivado del gas natural; también puede ser derivado de la refinación del petróleo. Existen comercialmente tres tipos: de densidad baja, media y alta.

La tubería que reúne los requisitos para ser empleada en la ejecución de los trabajos es la de alta densidad ya que reúne las características de:

- Alto peso molecular que permite su fusión a base de calor controlado.
- Está clasificada como tipo iii por el instituto de tuberías plásticas con celda de clasificación pe 345434-c (pe 3408).
- Cumple con la norma oficial mexicana nmx-e18-1996 (pe 3456) para tubos de polietileno para conducción de fluidos a presión.
- Rango de densidad de 0.941 a 0.965 gr/cm<sup>3</sup>.





- Índice de fusión < .15gr /10 min.
- Módulo de flexibilidad de 7735- 11250 Kg /cm<sup>2</sup>.
- Resistencia a la tensión de 210-246 Kg /cm<sup>2</sup>.
- Resistencia al agrietamiento por intemperismo f20> 192 hrs.
- Esfuerzo hidrostático aplicado para el diseño de presiones de trabajo y de reventamiento de 112 Kg/ cm<sup>2</sup>.
- Color y estabilizador ultravioleta > 2% de negro de humo.
- Capaz de resistir el ataque biológico de los agentes inorgánicos y orgánicos existentes en el subsuelo.
- Capaz de resistir a la intemperie sin sufrir degradaciones en sus superficies.
- Vida útil de 50 años.
- Resistencia a la flexión al ser doblada hasta 40 veces su diámetro.

El polietileno de alta densidad que se especifica debe tener una elevada tensión de tracción, aumento de rigidez, alta dureza superficial, resistencia química sobresaliente y resistencia al ablandamiento y distorsión bajo servicio a presión de 60° C o servicio de flujo por gravedad hasta 82° C.

Estas tuberías están disponibles en diámetros de 1/2" a 36".

**Rádío dimensional (rd)** en función del cociente entre el diámetro exterior y su espesor mínimo de pared y las presiones máximas de trabajo.

Según las condiciones de operación de la tubería se aplicará un factor de seguridad igual a 3 ó 4 veces la presión de trabajo para llegar a la presión de ruptura en un tiempo entre 60 y 70 segundos a una temperatura de 21-25° C El factor 3 (f3) se aplica a líneas subterráneas en terreno estable y el factor 4 (f4) se aplica a líneas expuestas a movimientos de terreno o tráfico pesado y líneas a intemperie.

$$RD = \frac{D}{e}$$

RD =Rádío dimensional

D =Diámetro exterior de la tubería

e =Espesor mínimo de pared del tubo

### **PRESIÓN DE TRABAJO DE LA TUBERÍA:**

Es la presión interna máxima a la cual se deberá someter la tubería cuando está en operación. El esfuerzo hidrostático de diseño "s" se calcula dividiendo la base de diseño hidrostático *hdb* por un factor de seguridad de 2.0, para cuando se maneja agua; con ello se logra preservar la integridad de la tubería y la protección del público.





PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO Kg./cm. <sup>2</sup> para tubos de polietileno PEAD con un esfuerzo de diseño hidrostático de 56.24 Kg./cm. <sup>2</sup> con una base de diseño hidrostático a 23° C @ 100,000.00 hr. De 112.48 Kg./cm. <sup>2</sup> y un factor de seguridad de 2.0

RD	F4	F3
9	14	18.7
11	11.2	
13.5	9	15
17	7	12
21	5.6	9.3

Tabla IV.III

Nota: el uso de una presión de diseño mayor puede reducir el factor de seguridad y acortar la vida de servicio de la tubería. Cuando éste sea el caso la presión hidrostática de diseño puede revisarse con:

$$P = \frac{2 Se}{(D-e)}$$

P = Presión de trabajo Kg/cm<sup>2</sup>.

S = Esfuerzo hidrostático (56.24 Kg/cm<sup>2</sup>).

D = Diámetro exterior del tubo (mm).

E = Espesor mínimo de pared (mm).

Presión de reventamiento de tubería en base a su RD y su factor de servicio a una temperatura de 23° C (VEASE TABLA IV-IV)

RD	Presión de Trabajo Kg./ cm <sup>2</sup>	Presión de Reventamiento Kg./ cm <sup>2</sup>
7	18.75	56.25
9	14.06	42.18
11	11.25	33.75
13.5	9.00	27.00
15.5	7.76	23.28
17	7.03	21.09
19	6.25	18.75
21	5.62	16.86

Factor de servicio: es la relación que existe entre la presión de reventamiento y la presión de trabajo de la tubería.

TABLA IV.IV





## RANGOS DE TEMPERATURA

La tubería de polietileno en redes de agua a presión se considera que trabaja en condiciones óptimas de servicio si el líquido que transporta tiene una temperatura de 23° C, sin embargo la tubería deberá operar con líquidos de hasta 60° C sin que se alteren sus características físico-químicas y para temperaturas bajo cero, la tubería deberá mantener sus características e integridad hasta menos 200° C.

## CURVATURA DEL TUBO

El tubo deberá permitir dobleces en frío sin que se retuerza a un radio mínimo de flexión de 20 a 40 veces su diámetro. Esto le permite ser curvado sobre, debajo y alrededor de obstáculos, así mismo hacer elevaciones y cambios direccionales, llegando a prescindir de la colocación de piezas especiales o conexiones reduciendo el costo de instalación.

## FLUJO EN LA TUBERÍA

Esta tubería tiene excelentes propiedades de flujo, debido a que tiene menos arrastre y menos turbulencia en flujos altos, puede transportar un mayor volumen de fluido que una tubería de acero, fierro fundido o concreto del mismo tamaño.

## ESTIMACIONES DE FLUJO INICIAL

Cuando se conoce el diámetro interior de una tubería en particular y se escoge la velocidad nominal, el rango de flujo (gpm) galones por minuto puede ser calculado como sigue:

$$Q = 2.449 VD^2$$

Conociendo el gasto necesario y suponiendo una velocidad nominal de flujo, el diámetro del tubo se obtiene con:

$$D = 0.639 \text{ raíz } Q/V$$

Conociendo el gasto necesario y el diámetro interior del tubo la velocidad del flujo será:

$$V = 0.408 ( Q/D^2 )$$

DONDE:

Q = Gasto (GPM)

V = Velocidad (Pies/ segundo)

D = Diámetro en pulgadas





Para obtener una solución más simple de flujo de fluido en tuberías de polietileno, nos basaremos en la fórmula de Hazen-Williams:

$$P = \frac{452 Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.86}}$$

**DONDE:**

P = Pérdidas de presión por fricción en lb./pulg. <sup>2</sup> por 100 pies de tubería.

Q = Flujo de fluido, gpm.

D = Diámetro interior en pulgadas.

C = Coeficiente de la tubería (esencialmente un factor de fricción) (VEASE TABLA IV.V)

**VALORES DE "C" PARA LA FÓRMULA DE HAZEN WILLIAMS**

CONSTANTE	TIPO DE TUBERÍA
150	PEAD
140	ACERO VIDRIO ASBESTO CEMENTO
130	COBRE FIERRO COLADO NUEVO
120	MADERO CONCRETO FIERRO COLADO 4-6 AÑOS
110	FIERRO COLADO 7-12 AÑOS ACERO GALVANIZADO
100	FIERRO COLADO 13-20 AÑOS
90	FIERRO COLADO 26-30 AÑOS
60	CORRUGADA

TABLA IV.V

**NOTAS:**

Una tubería con mayor diámetro tendrá una velocidad más baja y una menor caída de presión a un rango de flujo dado.

Una tubería con menor diámetro tendrá una velocidad mayor y una caída de presión mayor a un rango de flujo dado.

La pérdida por fricción es menor en tuberías con mayor diámetro que en las más pequeñas con flujo a la misma velocidad.





## PÉRDIDAS DE CARGA

**Pérdidas por fricción.** Uno de los factores que influye en las pérdidas por rozamiento es la rugosidad en las paredes de la tubería. Estas son producidas por el intercambio trasversal de cantidad de movimiento y por la fricción ejercida entre las partículas fluidas, y entre éstas y la pared del conducto. Estas pérdidas se reparten uniformemente a lo largo del conducto y son proporcionales a la distancia recorrida. En la tubería de polietileno debido al acabado interior de sus paredes, este factor es menor que en las tuberías convencionales, (VEASE TABLA VI-VI).

**Pérdidas menores,** producidas por un cambio de dirección del conducto, o en su sección transversal, o por un obstáculo en el paso de la corriente, se consideran concentradas en la sección donde se produce la perturbación, por lo que también se conoce como *pérdidas locales*.

Es necesario considerar las pérdidas que se generan a lo largo de la tubería y en las conexiones, ya que ambas pérdidas dependen de:

- Diámetro interior del tubo
- Longitud de la tubería
- Rugosidad de la superficie interior del tubo
- Velocidad del flujo conducido

El cálculo hidráulico para vencer las pérdidas por fricción, será únicamente en las tuberías, ya que las pérdidas menores no se tomaran en cuenta por ser muy pequeñas. Se recomienda utilizar la siguiente fórmula de Manning:

$$HF = K L Q^2$$

**DONDE:**

HF = Pérdidas por fricción en metros.

L = Longitud de la línea en metros.

Q = Gasto en m<sup>3</sup> / seg.

N = n Coeficiente de rugosidad (n = 0.009 para tuberías de Pead)

D = Diámetro interior del tubo en metros.

$$K = \frac{10.3 n^2}{D^{16/3}}$$

Valores de la constante K de la fórmula de Manning para tubería de pead  
Coeficiente de rugosidad n = 0.009 (VEASE TABLA IV.VI)





Diámetro (pulgadas)	RD-7	RD-9	RD-11	RD-13.5	RD-15.5	RD-17	RD-19	RD-21
1 1/4"	110494.8962	75514.72868	55799.74603	45023.33839	39395.64338			
1 1/2"	52434.89506	36630.95917	27643.37317	21717.94494	19326.70482			
2"	115999.6372	11175.08002	8340.03328	6589.11981	5819.08078	5419.27667		
3"	2025.48505	1405.85774	1051.94219	833.67256	739.74204	685.64249	610.98548	
4"	528.20756	368.63333	275.57924	218.57631	192.73656	179.74449	159.21557	155.12875
5"	171.35733	119.23275	88.94717	70.76082	62.24003	57.81189	51.30655	50.23839
6"	67.07678	46.79901	35.00675	27.90716	24.50411	22.78108	20.17057	19.74761
7"	45.84115	31.88629	23.79694	18.86679	16.66058	15.46303	13.71646	13.40464
8"	16.49095	11.47915	8.81552	6.81552	5.99436	5.57352	4.95194	4.83247
10"	5.08882	3.54345	2.64937	2.10585	1.85668	1.72398	1.53366	1.4941

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

TABLA IV.VI

Completando lo mencionado en párrafos anteriores, las pérdidas de carga o pérdidas por fricción en un conducto dependen de la rugosidad del tubo y si el flujo es laminar o turbulento.

Aunque no es tema central del presente, mencionaremos que un flujo laminar es aquel en que las fuerzas viscosas son más importantes que las de inercia. En tuberías esto se presenta para número de Reynolds menores de 2,000. Una característica esencial del flujo laminar es que la trayectoria de sus partículas es perfectamente regular (no necesariamente paralelas) sin intercambio o mezcla transversal de partículas fluidas y sin movimientos erráticos; esto origina una distribución de velocidades parabólicas de revolución si el conducto es circular.

Presentándose la máxima velocidad en el eje del mismo y velocidad cero en las paredes. Si le colocáramos colorante a un flujo laminar este se extendería aguas abajo como un hilo.

En un flujo turbulento, las fuerzas de inercia son más importantes que las fuerzas viscosas. Existe una transición de flujo laminar a turbulento a partir de un valor crítico del número de Reynolds, que oscila entre 2,000 y 4,000.

La característica fundamental de los flujos turbulentos es que sus partículas no siguen trayectorias definidas, sino que se mueven aleatoriamente, es decir, hay presencia de corrientes transversales, por lo tanto originan remolinos. Si le colocáramos colorante a un flujo turbulento este se mezclará rápidamente por toda la sección de la tubería.

#### 4.4 ELEMENTOS DEL SISTEMA EN LA DISTRIBUCIÓN DE AGUA

Las tuberías y elementos especiales: válvulas, accesorios, hidrantes, elementos de unión, de medición, etc. Constituye básicamente la red de distribución de agua potable.

Existen otros componentes en el sistema como son: depósitos, estaciones de bombeo, pozos, depósitos de regulación. Determinantes para la operación hidráulica.





Las tuberías se dividen en dos tipos de acuerdo a su función:

- 1) *Red primaria*. Estas tuberías van desde un diámetro de 14" (346mm.) Hasta 72" (1829mm.). Son empleadas para conducir el agua por medio de líneas troncales o primarias y son las que alimentan a las líneas secundarias.
- 2) *Red secundaria*. Es la parte de la red de distribución que forma la estructura básica del sistema y distribuye el agua propiamente hacia la toma domiciliaria. Sus diámetros son de 2" (51mm.) A 12" (305mm.).

#### 4.5 INEFICIENCIAS EN LA OPERACIÓN DE LA RED

Es poco práctico dejar actuar a los componentes de una red de distribución debido a su complejidad sin incidir en ellos en forma sustantiva, es decir, es riesgoso dejar una red sin un gran número de controles, ya que la operación será aún más compleja y conforme crezca, más difícil será su control.

La operación de una red, a menudo llega a complicarse debido a que la concepción de su diseño no contempló los trabajos de operación, mantenimiento y control tales como:

- A) Reparación de fugas con mínima afectación de usuarios.
- B) Sustitución ó recuperación de tramos envejecidos de la red principal, sin interrumpir el suministro de grandes áreas.

Para solucionar lo anterior, una de las principales acciones que puede tomarse durante el diseño de redes ó rehabilitaciones existentes, consiste en incidir sobre la topología del sistema, es decir, sectorizar la red, como forma de facilitar el control operacional y reduciendo los puntos de interconexión entre zonas de suministro y entre la red primaria y secundaria.

#### 4.6 OPERACIÓN DE LA RED A REHABILITAR

Definida la red de distribución a rehabilitar consideraremos los siguientes aspectos:

- *Funcionamiento de la red*
  - Puntos de entrega.
  - Dirección del flujo (cuando se puede obtener).
  - Puntos muertos.
- Válvulas utilizadas.
- Zonas y horarios de tandeo.
- Programa de ampliación de red.
- Programa de emergencias. (si existe).
- Ubicar donde faltan válvulas o hidrantes.
- Identificar conexiones a la red primaria.







Ya que definimos la zona a rehabilitar la delegación y /o el Sistema de Aguas de la Ciudad de México proporciona los datos necesarios para una operación correcta como son:

- Infraestructura primaria.
- Pozos de la zona.
- Presiones de trabajo.

#### 4.7 INTERFERENCIAS

La ejecución de obras en la vía pública expone a las empresas a diversos riesgos propios de la actividad que desarrollen. Es usual encontrar en los pliegos licitatorios la obligación de los contratistas de requerir información sobre la ubicación de instalaciones subterráneas de servicios públicos, antes de comenzar los trabajos de excavación a efectos de evitar daños a dichas instalaciones.

Si la empresa cuenta con dicha información –de existir planos de dichas instalaciones- podrá seguramente tomar las precauciones del caso a efectos de no provocar daños innecesarios. Si no cuenta con los planos o los mismos no son confiables –como sucede comúnmente por su des actualización- la empresa, antes de excavar y a efecto de minimizar el riesgo propio de la obra en ejecución deberá realizar cateos y sondeos.

(VEASE FOTOGRAFIA No 9)



DUCTOS DE FIBRA ÓPTICA.

FOTOGRAFIA No 9



Es importante tener en cuenta estas instalaciones subterráneas que tenemos en la zona, ya que influye de manera importante en nuestro proyecto, tanto en el aspecto económico (sobrecostos) como en el programa de trabajo. Las principales interferencias pueden ser:(VEASE FOTOGRAFIAS No 10 Y No11)

- Ductos de telefonía (Telmex).
- Ductos de fibra óptica (Alestra)
- Líneas de energía eléctrica (C.F.E.).
- Ductos de gas (Pemex).
- Redes primarias de agua potable.
- Descargas domiciliarias de aguas negras, atarjeas y colectores.
- Instalaciones del sistema colectivo metro.
- Líneas de agua tratada.
- Instalaciones de alumbrado público.



DUCTOS DE TELEFONÍA FOTOGRAFIA No 10

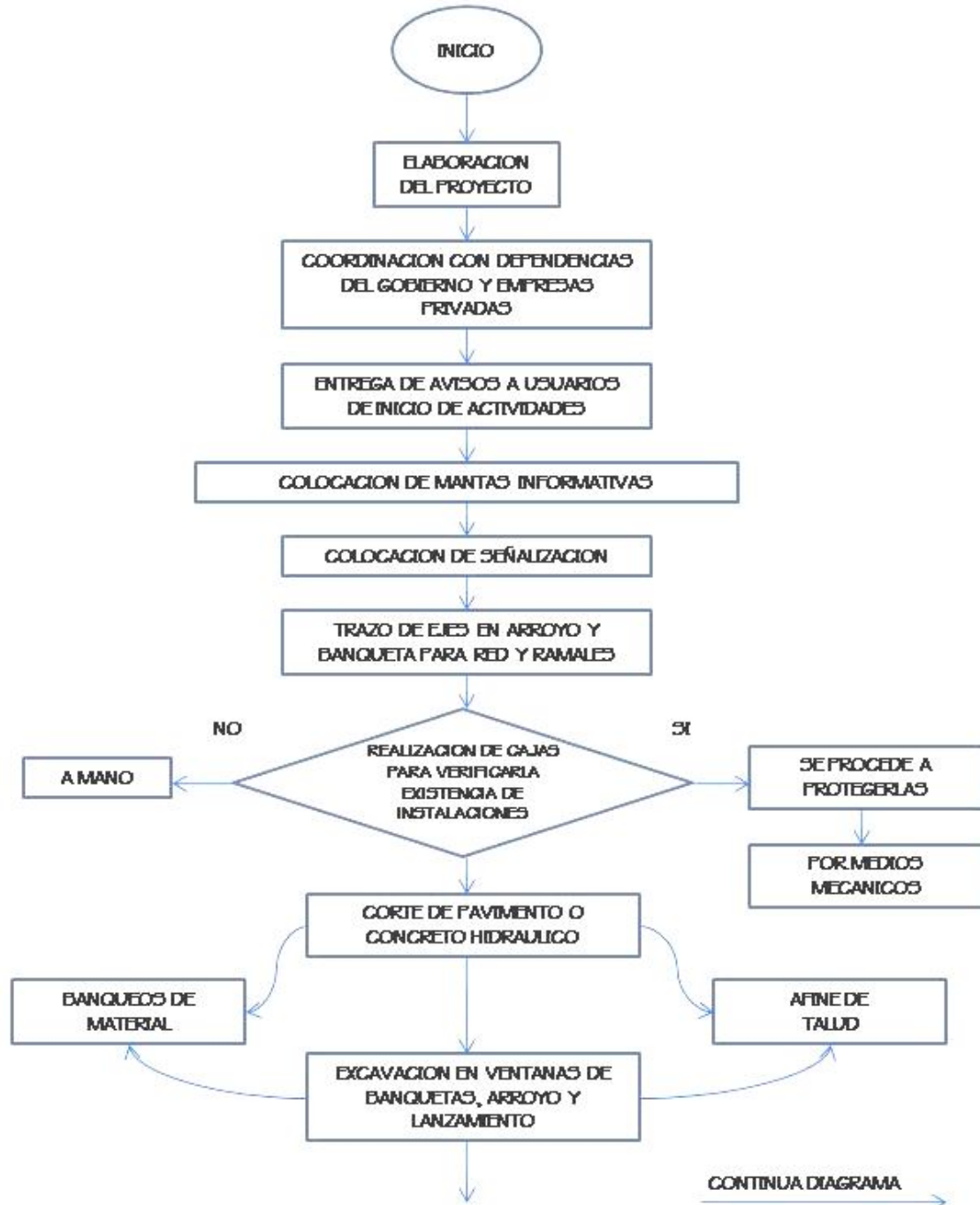


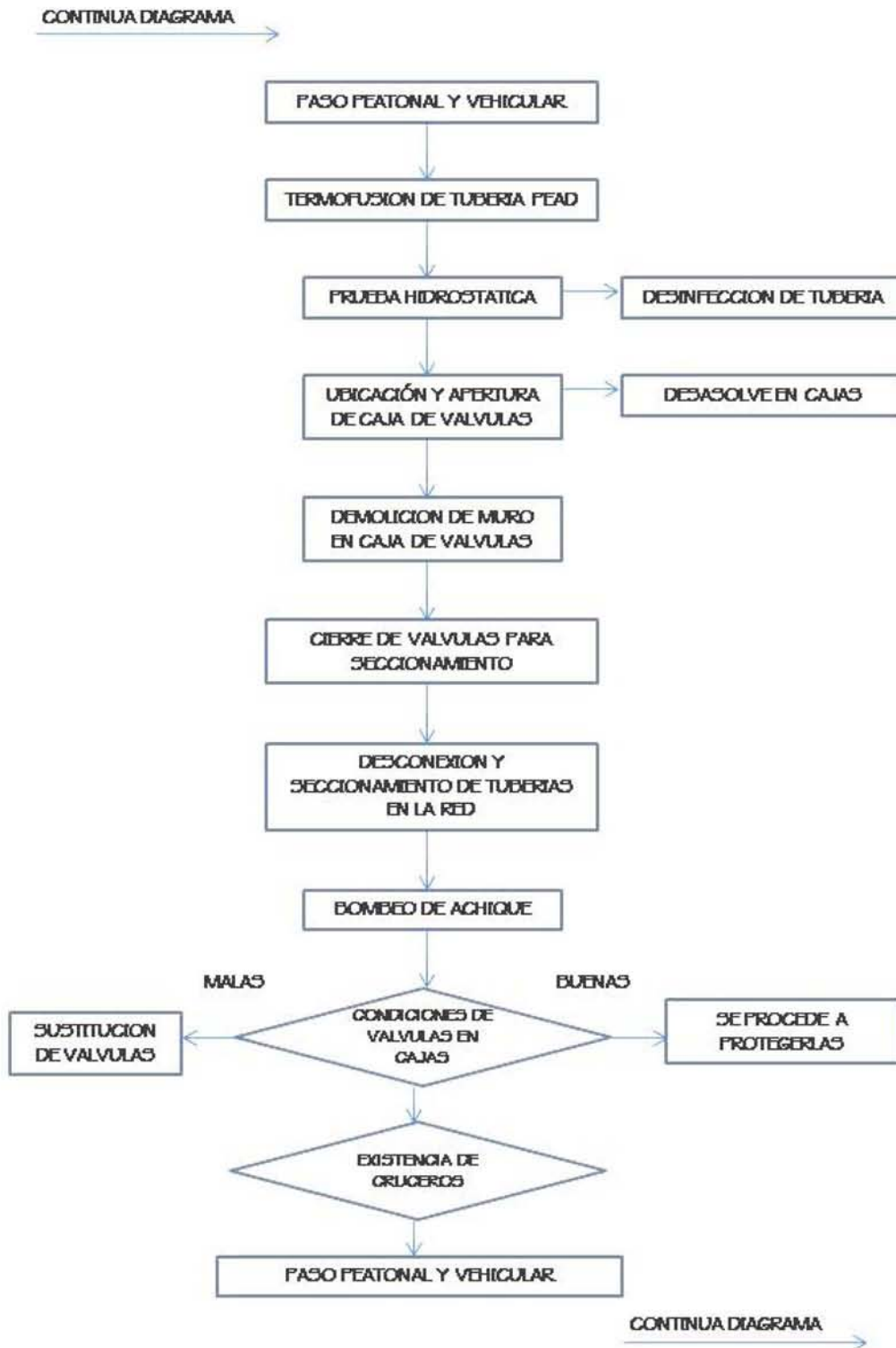
FIBRA OPTICA FOTOGRAFIA No 11



## CAPÍTULO V CAPITULO V

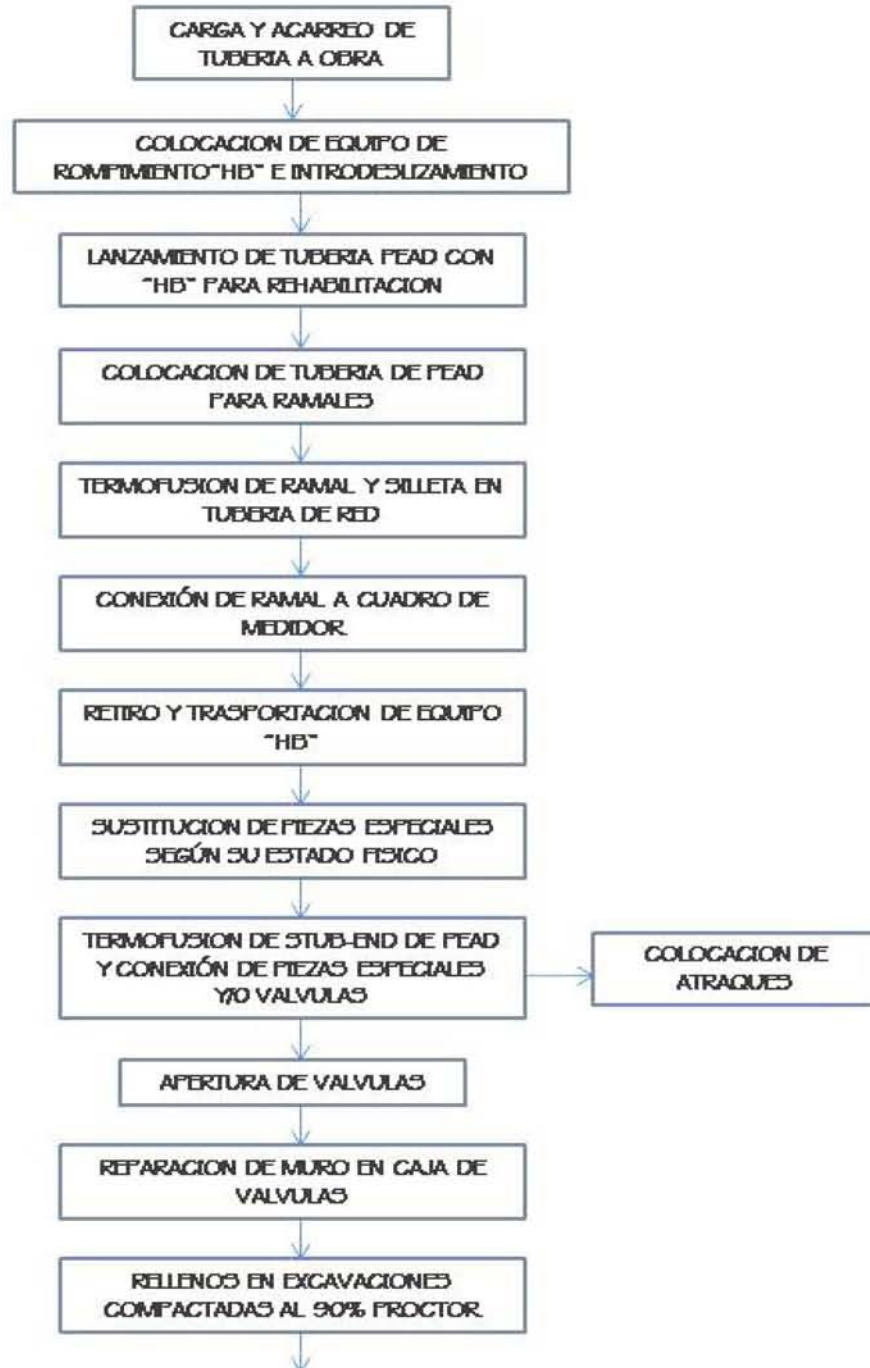
### 5.1 METODO DE REHABILITACION PARA LA SUSTITUCIÓN E INSTALACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN Y RAMALES EN TOMA DOMICILIARIA CON TUBERÍAS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD. (VEASE DIAGRAMA V-I)







CONTINUA DIAGRAMA →



CONTINUA DIAGRAMA →



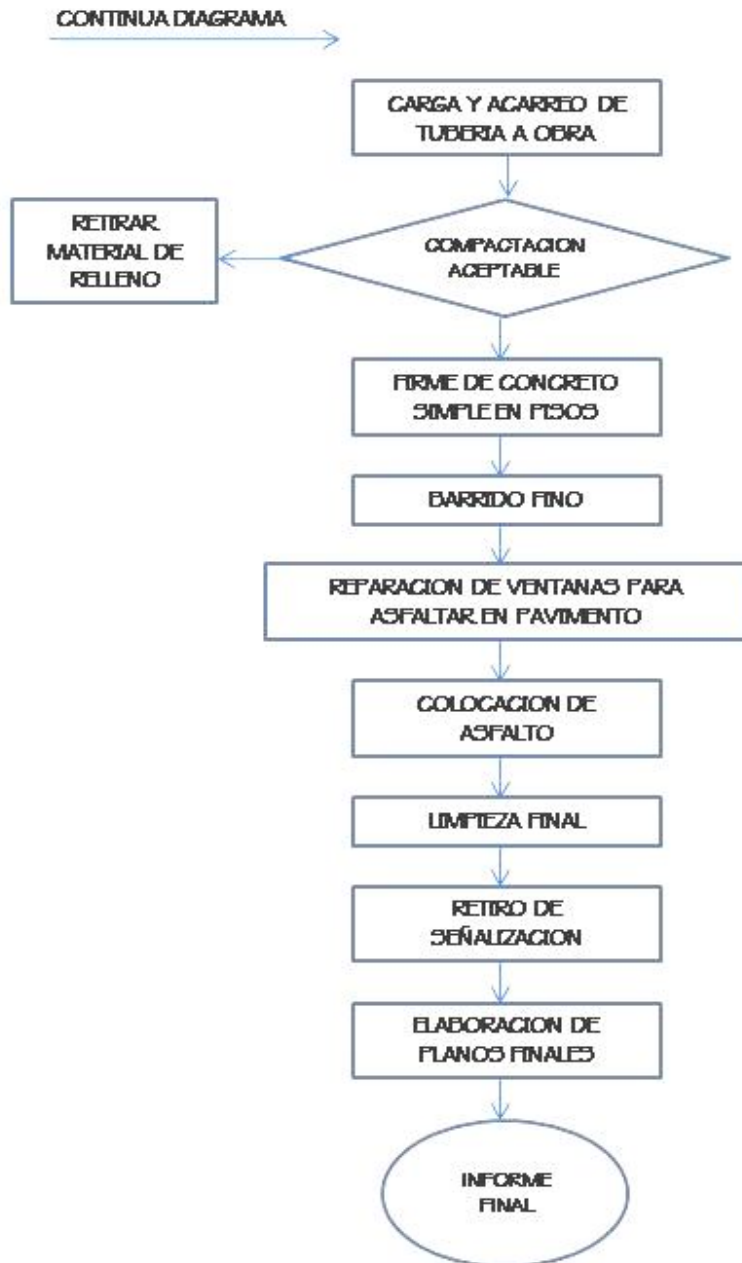


DIAGRAMA DE ACTIVIDADES REHABILITACION

DIAGRAMA V-I





## 5.2 ELABORACIÓN DE PROYECTO PARA SU APROBACIÓN

Previo a la ejecución de la obra, se elabora un proyecto el cual contiene la siguiente información:

Recorrido de campo para elaborar el proyecto de rehabilitación de la zona antes de ser rehabilitada, recopilación de información de los usuarios en la zona, recopilación de datos para el cálculo de la incidencia de fugas.

Selección de la Colonia. La cual propone el Sistema de Aguas de la Ciudad de México por medio de esta o solicitada por la delegación política. En su caso también puede ser propuesta por la empresa contratista que realizará los trabajos de rehabilitación.

La elaboración del proyecto ejecutivo partiendo de la base de datos de catastro.

- Elaboración de planos de la (s) colonias a rehabilitar.
- Elaboración del presupuesto y programas físicos y financieros.
- Elaboración calendarizada de las requisiciones de los materiales.
- Revisión y selección de la maquinaria y equipo.
- Recorridos preliminares por personal de la empresa contratista a la zona de trabajo con el fin de conocer el nivel socio-económico del lugar, intensidad del flujo vehicular, posibles desviaciones del tránsito, usos del suelo (habitacional, comercial, escolar, hospitales, etc.) tipos y probables ubicaciones de las instalaciones subterráneas, sitios para la ubicación de un almacén, para la termofusión y pruebas hidrostáticas.
- Recorridos con personal de empresas que cuenten con instalaciones subterráneas (TelMex, Gas, Luz y Fuerza, etc.)

### 5.2.1 COORDINACIÓN CON DEPENDENCIAS DE GOBIERNO Y EMPRESAS PRIVADAS.

Los problemas de agua potable que aquejan a la gran urbe de la ciudad de México son tan serios que obligaron a replantear la política que se tenía con respecto a este vital líquido, debido a las grandes erogaciones de dinero que tiene que hacer el Gobierno para revertir la falta de agua para cubrir las necesidades básicas de la población, se permitió la participación de las empresas privadas ( reguladas hoy en día por S.A.C.Mex) las cuales con recursos económicos frescos atacan los problemas de forma inmediata. El Gobierno por medio del Sistema de aguas de la Ciudad de México y las delegaciones continúa operando la infraestructura hidráulica de la ciudad, pero se concesionó a dichas empresas los cobros a los usuarios y la rehabilitación de las redes más viejas.

Es importante señalar que debe haber una gran coordinación entre las dependencias de gobierno y las empresas privadas, ya que los primeros, que son los operativos de los sistemas y conocen perfectamente las deficiencias de las zonas de distribución son un apoyo importante en la solución de los problemas.





### 5.2.2 ENTREGA DE AVISOS A USUARIOS DE INICIO DE ACTIVIDADES

Para que los usuarios estén informados de los trabajos que se llevan a cabo, se han definido tres tipos básicos de avisos:

1. El primero para informar a los usuarios de la zona en donde se llevarán a cabo los trabajos de rehabilitación.

Su contenido es:

- Tipo de trabajo que se realizará en la zona.
- Repercusión en el servicio de los trabajos que se realizarán.
- Tipo de material empleado.
- Medidas que deberá tomar el usuario como consecuencia de la rehabilitación.
- Plazo aproximado de ejecución de los trabajos.
- Teléfonos de atención a usuarios.
- Notificaciones posteriores.

Estos avisos se entregarán junto con los recibos de pago o mediante una entrega especial.

2. Avisos a los usuarios afectados.

Su contenido es:

- Fecha de inicio de los trabajos.
- Medidas que puede tomar el usuario para disminuir el impacto del corte del servicio de agua.
- Teléfonos de atención a usuarios.

Estos avisos se entregarán previo a la iniciación de los trabajos por lo menos un día antes de forma individual a cada usuario afectado.

3. Aviso de terminación de los trabajos.

Su contenido es:

- Informar al usuario la terminación de los trabajos.
- Agradecer su cooperación y comprensión por las molestias ocasionadas por la realización de los trabajos en su beneficio.
- Nombre y firma de conformidad de cada uno de los usuarios.
- Teléfonos de atención a usuarios.

Estos avisos se entregarán cuando hayan concluido los trabajos en forma individual. (VEASE SIGUIENTE AVISO).







México D. F. a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2010

Estimado usuario del servicio de agua potable de la colonia: \_\_\_\_\_

Como parte de los trabajos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México para mejorar el servicio de agua potable se encuentran las obras de rehabilitación o sustitución masiva de las tomas domiciliarias, encaminados a la disminución de pérdidas por fugas y el empleo de mejores materiales en la construcción de los sistemas.

Este trabajo consiste en la sustitución del tubo de plomo de la toma domiciliaria con tubería de polietileno de alta densidad para garantizar un mejor servicio durante más tiempo. Esta medida pudiera tener algún efecto en su instalación eléctrica si el sistema de tierras esta conectado a la tubería de agua potable, por lo que se le sugiere que la revise un especialista.

Considerando el volumen de los trabajos a desarrollar, la rehabilitación de toma domiciliaria se llevará al cabo por etapas de acuerdo a los problemas que se han presentado en los últimos años, iniciándose las sustituciones en las zonas en las que se presentan fugas con más frecuencia y las tuberías son más viejas.

De acuerdo a lo anterior, la tubería con la cual se abastece su predio se rehabilitará dentro de las próximas 2 semanas, como parte de la primera etapa del programa de acciones del Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Para poder realizar los trabajos en forma adecuada, el suministro de agua podría ser interrumpido en un periodo aproximado de 24 horas.

El día anterior al inicio de los trabajos recibirá un aviso de nuestro personal para que reserve agua en contenedores desinfectados y que cuenten con una tapa para evitar que se ensucie y tome las medidas adicionales que considere necesarias. Posteriormente a la ejecución de los trabajos recibirá un aviso para que pueda notificarnos si el servicio no se restablece de manera adecuada al teléfono de atención a usuarios 52-37-38-88. Si tiene cualquier duda de los trabajos que se realizarán en la zona, estamos para atenderlo en este mismo número.

Agradeceremos su cooperación para la realización de estas obras que son para brindarle el servicio que usted se merece.

Sistema de Aguas de la Ciudad de México





### 5.2.3 COLOCACIÓN DE MANTAS INFORMATIVAS

Al inicio de los trabajos se colocará una manta informativa que será del tamaño de un anuncio espectacular y la cual cumplirá con el objetivo de informar el tipo de trabajos que se realizarán en la zona en particular.

Este anuncio contendrá:

- La dependencia oficial para la cuál estarán realizando los trabajos de rehabilitación.
- Tipo de trabajos a realizar.
- Material con la que se sustituirá la red
- Duración de los trabajos.
- Población beneficiada.
- Zona o delegación correspondiente.

La colocación de este anuncio deberá ser en un lugar totalmente visible en el cual la población lo logre visualizar y estará en la zona en que se esté laborando, por lo que cumplirá con ciertas características para que sea leído con facilidad.

(VEASE FOTOGRAFIA No 12)



COLOCACIÓN DE MANTA INFORMATIVA

FOTOGRAFIA No 12



#### 5.2.4 COLOCACIÓN DE SEÑALIZACIÓN

La colocación de señalamientos es una parte de suma importancia, ya que de ello depende que tanto para la parte laboral de la obra como para terceros se minimicen los accidentes, la cual, funcionará como prevención de los mismos, y que por lo mismo protegerán la integridad de los ciudadanos, trabajadores y vehículos que circulan por la zona de trabajo.

La colocación de los señalamientos de tránsito se hará de acuerdo a los lineamientos de la Dirección de Tránsito de la Delegación y a las características de la vialidad y tránsito vehicular que se tienen en la zona de proyecto y deberán ser colocados con anticipación a la iniciación de los trabajos y retirarse inmediatamente después de haberse terminado.

La señalización básicamente se divide en:

- *Señalización preventiva*, previene a los transeúntes de situaciones de peligro y la naturaleza de este, también protege a trabajadores y su equipo de posibles accidentes.
- *Señales restrictivas*, indican a los peatones y conductores ciertas restricciones y prohibiciones que regulan el uso de las vías de comunicación.
- *Señalización informativa*, que guía a los conductores en forma segura y ordenada.
- *Indicadores de obstáculos*, se colocan junto al obstáculo y delimitando la zona de peligro.
- *Banderero*, deberá ubicarse a una distancia adecuada para prevenir a peatones y automovilistas, mediante señales manuales de la existencia de una zona de trabajo.

*Seguridad hacia el trabajador*: todo personal de campo deberá estar uniformado y equipado con chaleco reflejante casco y demás equipo de seguridad.

La identidad institucional con logotipos de la dependencia se deberá cumplir en todo momento en vehículos maquinaria, uniformes para trabajadores de campo y señalización.

La señalización en campo deberá cumplir con:

- *Ventanas de banqueta y auxiliares*: dos indicadores de obstáculos, cada uno colocado en cada extremo de la excavación, delimitados con cinta preventiva. (VEASE FOTOGRAFIA No 13)
- *Ventanas de arroyo y calas*: cuatro indicadores de obstáculos cada uno colocado en cada una de las esquinas de la excavación delimitados con cinta preventiva.
- *Ventanas de lanzamiento y llegada*: barrera doble y seis indicadores de obstáculos repartidos en ambos extremos de la excavación delimitados con cinta preventiva. (VEASE FOTOGRAFIA No 14)





SEÑALIZACIÓN EN VENTANAS DE BANQUETA Y ARROYO

FOTOGRAFIA No 13



SEÑALIZACIÓN EN VENTANA DE LANZAMIENTO

FOTOGRAFIA No 14

### 5.3 TRAZO DE EJES EN ARROYO, BANQUETA, RED Y RAMALES

Este trazo se realizará en el arroyo vehicular siguiendo el eje de la tubería a rehabilitar o en su caso sobre la banqueta si la tubería pasara sobre esta. Así mismo, se realizará este trazo para cada una de la toma domiciliaria a sustituir el cual se traza una línea perpendicular al eje de la tubería de red secundaria con dirección a la toma de agua. (VEASE FOTOGRAFIA No 15).

El trazo se deberá hacer también, para cada una de las ventanas que se excavarán como de arroyo, banqueta, lanzamiento y llegada, auxiliar y cala de verificación, según las medidas establecidas en proyecto. (VEASE FOTOGRAFIA No 16 y No 17).



El trazo se marcará, ya sea con pintura, cal, etc. Por lo que deberá mantenerse dicho trazo hasta que los trabajos concluyan y cumplan con su objetivo.



TRAZO DE EJES EN RED Y RAMALES

FOTOGRAFIA No 15



TRAZO EN VENTANA DE BANQUETA (FOTOGRAFIA No 16)



TRAZO EN VENTANA DE ARROYO (FOTOGRAFIA No 17)

### 5.3.1 REALIZACIÓN DE CALAS PARA VERIFICAR LA EXISTENCIA DE INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS

En el subsuelo de la Ciudad de México existe diversidad de instalaciones públicas, de las cuales no se tiene la suficiente certeza de su trayectoria como son gas, petróleo, electricidad, teléfonos, drenaje, etc. Y que pudieran estar en proximidad con la red a rehabilitar.



Con la finalidad de no dañar instalaciones a terceros se realizarán calas (excavaciones) para observar principalmente su cercanía con la red por sustituir y determinar las precauciones a tomar y el procedimiento de trabajo a seguir; las calas son excavaciones realizadas a mano (con pico y pala) y hechas con la debida precaución.

Con el sondeo tenemos la certeza de que cuando nuestro equipo tanto de reventamiento en red, como de topo direccional en ramales pase por los puntos identificados con instalaciones de terceros no vayan a tener ninguna afectación.

En ocasiones, se llevan a cabo recorridos por las zonas a rehabilitar con las empresas que pudieran ver afectados sus intereses, es decir, sus instalaciones y que en algún momento, al estar rehabilitando se dañaría alguna de estas, por ello, la realización de los recorridos es indispensable. Conjuntamente la dependencia con la empresa contratista que ejecuta los trabajos de rehabilitación, como la empresa que pudiese verse afectada que podría ser de gas, Telmex, C.F.E., etc. y en algunos casos la supervisión externa realizarán los recorridos.

Las empresas que cuentan con instalaciones subterráneas, en ocasiones, complementan los recorridos físicos, ubicando con marcas o señales; profundidades, sentidos, llegadas, salidas, etc. así como la elaboración de planos de las mismas para su mejor ubicación. Con lo anterior, se tendrá un mejor conocimiento y exactitud para la realización del menor número de calas y con la confianza de que al realizar los trabajos de rehabilitación no se dañarán a terceros. (VEASE FOTOGRAFIA No18)



EXCAVACIÓN PARA VERIFICAR INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS

FOTOGRAFIA No 18



### 5.3.2 CORTE DE PAVIMENTO O CONCRETO HIDRÁULICO

Los cortes de pavimento o concreto hidráulico se llevarán a cabo, siguiendo el trazo previamente realizado en cada una de las ventanas. Este corte se tendrá que realizar con cortadora de disco de diamante para concreto y /o asfalto, a una profundidad máxima de 10 cm. (VEASE FOTOGRAFIA No 19)



CORTE DE PAVIMENTO EN VENTANA DE ARROYO

FOTOGRAFIA No 19

### 5.3.3 DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO O CONCRETO HIDRÁULICO

La demolición se realizará posteriormente al corte en ventanas, de forma manual con martillo neumático utilizando compresor o con martillo eléctrico utilizando como fuente de energía un generador. Estas demoliciones se realizarán de esta forma tanto en arroyo como en banqueteta. (VEASE FOTOGRAFIAS No 20 Y No 21)



DEMOLICIÓN EN VENTANA DE BANQUETA (FOTOGRAFÍA No 20)



DEMOLICIÓN EN VENTANA DE ARROYO (FOTOGRAFÍA No 21)

#### 5.4 EXCAVACIÓN EN VENTANAS DE BANQUETA, ARROYO Y LANZAMIENTO

Para las ventanas de lanzamiento y recepción se realizarán excavaciones sobre el eje de la tubería a rehabilitar de crucero a crucero ya que generalmente se sustituye la parte de la línea comprendida entre estos dos, ya sean cruceros con piezas especiales o cajas de válvulas o una combinación de ambas. Si la longitud entre ambos excede la capacidad de arrastre de nuestro equipo de reventamiento se excavará una ventana intermedia entre estos y se ejecutarán dos lanzamientos. Asimismo, cuando la distancia entre cruceros es muy corta, se puede retirar uno de ellos y sustituir hasta el próximo crucero. (VEASE TABLA V.11)

DIMENSIÓN DE ZANJAS PARA SUSTITUCIÓN DE TUBERÍA DE POLIETILENO (PEAD)						
Sustitución de tubería	Tipo de excavación	Diámetro		Largo m.	Ancho m.	Profundidad m.
		mm.	pulgadas			
Método tradicional	Manual*	75-305	3 a 12	crucero a crucero	0.60	1.40
Método tradicional	Mecánica	75-100	3 a 4	crucero a crucero	0.30	1.40
Método tradicional	Mecánica	150-200	6 a 8	crucero a crucero	0.40	1.40
Método tradicional	Mecánica	254	10	crucero a crucero	0.50	1.40
Método tradicional	Mecánica	305	12	crucero a crucero	0.60	1.40
Método por reventamiento	Manual-mecánica	75-200	3 a 8	3.00	0.90	**
Método por reventamiento	Manual-mecánica	254-300	10 a 12	5.00	0.90	**

\* Si la maniobra de excavación lo permite, el ancho de cepa será la indicada para la excavación mecánica.

\*\* Depende de la profundidad de la tubería vieja.

TABLA V.11

Las ventanas de lanzamiento y recepción se excavan tanto por medios manuales como por medios mecánicos, el porcentaje de estos dependerá en gran medida de las condiciones del terreno.







Para las ventanas de banqueta se realizan excavaciones frente a cada uno de los domicilios, es decir al paramento de la casa y al pie de cada toma de agua. Con dimensiones desde 1.20 hasta 1.50 m., dependiendo del topo direccional que se introduzca en la ventana y de la longitud de ramal. Estas ventanas tienen un ancho promedio de 0.40 m. Con profundidad variable y se excavan perpendicular a la tubería de red secundaria.

Existen también, ventanas auxiliares las cuales normalmente se realizan sobre el arroyo y están en la misma posición que las de banqueta con las mismas dimensiones, las cuales, nos ayudan a sobrepasar algún obstáculo, instalación subterránea, o que no llegue a pasar el topo direccional o tenga algún desvío en su trayectoria.(VEASE FOTOGRAFIA No 23)

Las ventanas de banqueta por sus dimensiones tan estrechas se excavan manualmente con pico y pala.

Las ventanas de arroyo son excavaciones, las cuales, se colocan para cada toma de agua (en ocasiones se aprovecha para dos o hasta tres tomas cada ventana) y en las cuáles se conecta a la red cada toma, utilizando silletas de termofusión y tubería de polietileno. Su excavación se realiza igualmente que las ventanas de lanzamiento. (VEASE FOTOGRAFIA No22)

Estas ventanas son excavadas al pie de la red de tubería sobre el eje de la misma con dimensiones de 1.00 X 1.00 m. ó de 1.20 X 0.85 por la profundidad a la que se encuentre la tubería existente. Las calas de verificación se realizan con las mismas dimensiones que estas últimas hasta encontrar el obstáculo y descubrirlo en su totalidad. (VEASE FOTOGRAFIA No 24)

#### 5.4.1 AFINE DE TALUD

En ocasiones se necesita realizar un afine de talud en las excavaciones que, sobre todo, se realicen en mayor porcentaje por medios mecánicos, con lo cual lograremos una excavación uniforme. El material sustraído de nuestras ventanas se acarreará por medios mecánicos o manuales con carretilla al banco más próximo a las mismas. Normalmente y para su facilidad de retiro en camiones éste se colocará en las esquinas de cada calle a rehabilitar, siempre y cuando sea posible e igualmente factible.



EXCAVACIÓN A MAQUINA EN ARROYO (FOTOGRAFIA No 22)



EXCAVACIÓN MANUAL EN VENTANA (FOTOGRAFIA No 23)



EXCAVACIÓN A MÁQUINA EN VENTANA DE LANZAMIENTO (FOTOGRAFIA No 24)

#### 5.4.2 PASO PEATONAL Y VEHICULAR

Cuando las condiciones de campo impidan concluir con la sustitución e instalación de tubería de polietileno y por lo tanto no se puedan realizar los trabajos de relleno y compactación de las excavaciones, se colocarán pasos vehiculares y peatonales en las mismas, formados por placas de acero clase A-36 con dimensiones de 1.20 X 0.80 m. de  $\frac{1}{2}$ " de espesor. (VEASE FOTOGRAFIA No 25)



COLOCACIÓN DE PLACAS PARA PASO PEATONAL Y VEHICULAR

FOTOGRAFIA No 25



## 5.5 TERMOFUSIÓN DE TUBERÍA DE PEAD

Uno de los principales problemas en el tendido de las tuberías de todos los sistemas que transportan fluidos, lo constituye su unión, la gran mayoría de las fugas son principalmente en esa parte del sistema, de aquí que sea de vital importancia que la unión tenga las características como facilidad de ejecución, rapidez de ejecución, hermeticidad total y sea económica.

La tubería de polietileno cuenta con estas características en las dos opciones que ofrece: unión permanente y unión por transición.

1. *Unión permanente.* Una de las características más importante de la tubería de polietileno de alta densidad y alto peso molecular es su unión por termofusión, ofreciendo con este sistema una hermeticidad total, formándose un tramo continuo monolítico y más resistente que la misma tubería. Esto debido a que se fortalece su orientación molecular al llevarse a cabo este proceso.

La unión entre tramos de tubería deberá realizarse a tope por termofusión con medios mecánicos, calentando ambos extremos de la tubería a una temperatura tal que se alcance el grado de fusión necesario, aplicando una presión controlada entre ambos extremos. (VEASE TABLA V.III)

### PRESIÓN DE FUSIÓN LBS/PLG<sup>2</sup> PARA DIÁMETROS DE TUBERÍA DE 4" A 12"

Diámetro pulgadas	RD						
	32.5	26	21	17	15.5	13.5	11
4	54	59	66	74	78	84	96
5	66	75	85	97	103	113	130
6	81	94	108	125	134	148	172
7	89	104	120	0	0	0	0
8	117	138	162	191	206	230	271
10	165	197	236	281	304	341	404
12	220	266	319	383	415	467	557

PRESIÓN DE FUSIÓN TERMOFUSIONADORA MC ELROY 412

TABLA V.III

El equipo mecánico para la termofusión constará básicamente de carro alineador, escuadrador universal y calentador eléctrico.

- Carro alineador hidráulico. Los accesorios de este tipo de carro alineador preparan en forma adecuada los extremos de los tubos y facilitan la unión de los mismos con la termofusión. La posición en la colocación de los tubos se logra con cuatro anillos de ajuste, dos de los anillos son fijos y los otros dos están montados sobre unas guías que les permiten movimiento. (VEASE FOTOGRAFIA No 26 Y No 27)





Existen también carros alineadores manuales que consisten básicamente en dos anillos de presión montados sobre ángulos y una base de aluminio, uno de los cuales se puede mover hacia delante y hacia atrás mediante un maneral, que sirve para juntar y retirar las puntas del tubo.

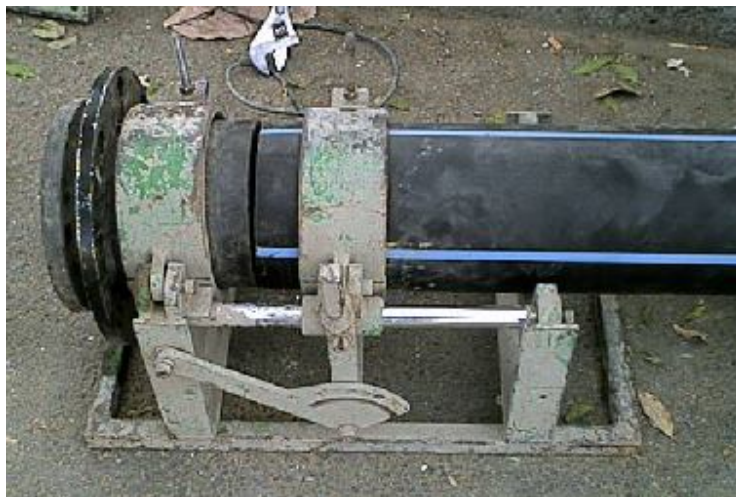
Este carro es de fácil transportación ya que es muy ligero, además, es muy útil para realizar la termofusión de tubería dentro de las ventanas. (VEASE FOTOGRAFIA No 28)



CARRO ALINEADOR HIDRAULICO MC ELROY (FOTOGRAFIA No 26)



CARRO ALINEADOR HIDRAULICO (FOTOGRAFIA No 27)



CARRO ALINEADOR MANUAL (FOTOGRAFIA No 28)



- Escuadrador universal. Es una herramienta eléctrica diseñada para preparar los extremos de tubería a unir. Consiste en un disco de aluminio, el cual contiene un hueco de navajas en ambas caras y al ser colocado en el carro alineador entre ambos extremos de la tubería que previamente fue colocada en el mismo carro, este disco gira "rasurando" los extremos, produciendo virutas de polietileno, dejándolos libres de impurezas y asegurando una superficie plana y perpendicular al tubo. (VEASE FOTOGRAFIA No 29)
- Calentador eléctrico. También llamado plancha de termofusión. Se utiliza para aplicar al tubo la temperatura correcta en la unión de ambos extremos de la tubería. (VEASE FOTOGRAFIA No 30)
- Una vez que se ha aplicado el escuadrador se retira y de la misma forma se coloca el calentador, que está construido de aluminio y provisto de acuerdo a su tamaño, de una resistencia, termómetro y termoswitch. Sus caras están terminadas con recubrimiento de teflón para evitar la adherencia de polietileno. La tabla siguiente nos muestra el tiempo de calentamiento para la tubería de 4", 6" y 12". (VEASE TABLA V.IV)

Diámetro pulgadas	Tiempo de calentamiento segundos	Tiempo de enfriamiento minutos
4	80	2
6	120	3
12	180	5

TIEMPO DE CALENTAMIENTO (CALENTADOR O PLANCHA)

TABLA V.IV

Estos tiempos de calentamiento son para una temperatura de **440° F. o 226° C.**



ESCUADRADOR Ó CAREADOR (FOTOGRAFIA No29)



CALENTADOR Ó PLANCHA PARA PEAD (FOTOGRAFIA No30)



***El procedimiento de termofusión es el que se menciona a continuación:***

1. Se coloca la tubería en el carro alineador, sobresaliendo de una a dos pulgadas de las mandíbulas de sujeción y se escuadran ambos extremos. (VEASE FOTOGRAFIA No 31).
2. Limpiar con un trapo de algodón limpio la superficie interior y exterior de los dos extremos de la tubería, para quitar el polvo y material extraño.
3. Rectificar con el careador o escuadrador los extremos de los tubos a unir.
4. Se acercan los extremos de ambos tubos y se verifica por contacto con los dedos de la mano si la alineación es adecuada de no ser así, se ajusta por medio de las abrazaderas la alineación de los tubos y una vez más rectificar con el escuadrador hasta que ambas caras de los tubos unidas a tope no permitan el paso de luz, cuando esto suceda la alineación es correcta.
5. A continuación se inserta el calentador eléctrico entre los extremos de los tubos a unir y se aplica presión sostenida hasta que se forme un anillo de material fundido (TABLA V-IV) el tubo debe sostenerse pegado al calentador eléctrico durante el tiempo de fusión del material. ( VEASE FOTOGRAFIA No32)
6. Se separan los tubos y se retira el calentador eléctrico, al momento en que se juntan los extremos de los tubos rápidamente, con fuerza pero no de golpe, manteniendo una presión firme y constante para formar el doble labio (VEASE FOTOGRAFIA No 33) mientras que transcurre el tiempo de enfriamiento. (VEASE TABLA V-IV)
7. Se retira el tubo ya termofusionado y se procede a repetir el procedimiento con los siguientes tubos por unir.
8. La termofusión debe tener un doble labio perfectamente redondeado, ser del mismo tamaño, simétricos y sin huecos entre el labio y el lomo del tubo. Sólo en el caso de uniones bridadas como los stub-end que cuentan con espesor de pared generalmente mayor al del tubo que se une, tendrá un tamaño de labio menor al del tubo. (VEASE FOTOGRAFIA No 34)

Uniones bridadas. Para este método existen piezas especiales de polietileno que se unirán a la tubería bajo las mismas condiciones de termofusión descritas anteriormente. (VEASE TABLA V-V)

<b>Material fundido permisible en termofusión de tubos de polietileno (pead)</b>			
Diámetro de tubería		Labio fundido en cada tubo	
pulgadas	mm.	pulgadas	mm.
1 1/4 y menores	32 y menores	1/16	1.6
1 1/2 a 2	38 a 50	1/8	3.2
3 a 12	75 a 305	1/8 a 3/16	3.2 a 4.8

TABLA V.V





COLOCACIÓN DE CAREADOR (FOTOGRAFIA No 31)



COLOCACIÓN DE CALENTADOR (FOTOGRAFIA No 32)



UNIÓN MANUAL DE TUBERÍA (FOTOGRAFIA No 33)



FORMACIÓN DE DOBLE LABIO (FOTOGRAFIA No 34)

*2 Unión por transición.* Es básicamente una unión mecánica desmontable, la cual nos permite hacer la transición de polietileno a otro tipo de material (fierro fundido, acero, etc.) consta de un adaptador tipo brida o extremidad de polietileno y una contrabrida metálica. Esta transición se realiza como sigue:

- A. Colocación de contrabrida metálica a la brida o extremidad de polietileno.
- B. Unión por termofusión de la brida o extremidad con la tubería de polietileno para lo cual se forma lo que llamamos el stub-end, es decir, terminales bridadas de las tuberías.
- C. El stub-end se une por medio de la contrabrida metálica a la pieza especial, con tornillos, (previa colocación entre ambas de un empaque de neopreno) aplicando siempre el patrón cruzado en forma alterna hasta que estén perfectamente fijos; El torque deberá ser únicamente el suficiente para impedir las fugas de agua, ya que, en el caso del polietileno si es excesivo daña la extremidad de polietileno.



### 5.5.1 ELECTROFUSIÓN DE TUBERÍA

Así como existe la termofusión de tubería de polietileno tenemos la electrofusión de la misma que es un sistema de unión simple, rápido, confiable y económico.

Para llevar a cabo este sistema se cuenta con coples de electrofusión que son la base para realizar la unión de tubería. Estos coples cuentan en su interior con resistencias eléctricas lo que hace que se funda el polietileno y fluya perfectamente para cubrir las áreas a unir.

Equipo electrofusionador: caja de mando, cables y lápiz para leer código de barras. Este equipo cuenta con un sistema autorregulador que permite supervisar individualmente cada fusión.

El sistema compensa automáticamente las posibles variaciones de todos los factores que influyen en la electrofusión como son: Diámetro del cople, energía o voltaje de entrada, tolerancia de las resistencias eléctricas, tiempo y temperatura de fusión.

#### ***Procedimiento:***

- 1.-Verificar que los extremos de la tubería a unir estén pegados o entre ellos exista una separación del 10% del largo del cople.
- 2.-Se mide el cople en la tubería; su centro debe coincidir exactamente con el punto de unión; hacer una marca en los extremos donde termina el cople.
- 3.-El área que queda entre las dos marcas que se realizaron en el paso anterior, se adelgazan ligeramente con una lija. La tubería debe estar totalmente libre de contaminantes (tierra, grasa, etc.) para mayor seguridad el área que se raspó hay que limpiarla con una tela limpia empapada de alcohol o un solvente.
- 4.-Insertamos el cople en ambos extremos de la tubería a unir, centrándolo perfectamente.
- 5.-El cople trae un código de barras el cual, se lee con el lápiz y en la caja de mando aparecen todos los datos.
- 6.-El cople en cada uno de sus extremos trae conexiones eléctricas, protegidas por un escudo aislante, se retiran estos escudos y se conectan los cables que tiene la caja de mando, se procede a electrofusionar.
- 7.- La caja de mando lleva dos sensores de presión los cuales se activan cuando la temperatura de fusión es la óptima y automáticamente se detiene el ciclo.

Cuando el proceso de electrofusión es completado, se puede observar que el polietileno del cople se ha fundido y ha cubierto las áreas que se unieron.







### 5.5.2 PRUEBA HIDROSTÁTICA

Con objeto de comprobar que la termofusión en la instalación de la tubería de polietileno de alta densidad se ha llevado a cabo correctamente, se deberá realizar una prueba hidrostática.

Para la prueba de hermeticidad en la sustitución de redes de distribución de agua esta prueba se podrá realizar con la tubería ya instalada, como se realiza para la construcción de nuevas redes de distribución, o antes de su instalación y fuera de la cepa.

La prueba hidrostática se realizará con la tubería ya instalada previa su puesta en operación, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El tiempo sea suficiente para no interrumpir la prueba hidrostática una vez iniciada.
- Exista válvula de desfogue en cada crucero.
- La caja de válvulas de cada crucero tenga desfogue a la alcantarilla.
- Las válvulas de seccionamiento no permitan caída de presión (fuga)
- Si técnicamente la prueba es viable.

Esta prueba se efectúa para verificar las uniones de tramos de tubería a instalar, por lo cual se realizará antes de su instalación y fuera de la cepa, cuando no se cumplan las condiciones del punto anterior, esta acción permite realizar actividades en paralelo y restablecer el suministro de agua en poco tiempo.

En la prueba hidrostática, después de que los tramos de tubería han sido unidos por termofusión, se coloca un tapón en cada extremo del tramo a probar, posteriormente se conecta una válvula en uno de los extremos para purgar la tubería y en el otro la bomba de prueba de operación manual y se procede a llenarla con agua hasta alcanzar la presión de prueba, durante este proceso, se deberá purgar continuamente la tubería para eliminar el aire en los extremos y puntos altos de la misma.

La tubería se presuriza a 1.5 veces la presión de trabajo especificada por el fabricante. Esta presión de prueba se mantendrá por un intervalo de 3 horas. Se revisará la tubería y si no existen fugas de agua, incluyendo las uniones, la tubería pasa la prueba hidrostática

Los factores de servicio consideran los siguientes aspectos:

Para tuberías con factor de servicio F3. (Ver subtema *radio dimensional*)

- El sistema deberá ser instalado con zanjado normalizado.
- Los rellenos aplicados adecuadamente y con una compactación al 90% Proctor.
- El fluido conducido no debe tener una temperatura mayor a 37° C.





Para tuberías con factor de servicio F4. (Ver subtema *radio dimensional*)

- En líneas expuestas a movimientos de terreno o tráfico pesado.
- En líneas a la intemperie o con fluidos a más de 37° C.
- En uniones mixtas.

Los tramos de prueba no serán menores a las distancias entre cruceros de la red; con piezas especiales ya instaladas en líneas de conducción, se podrán probar tramos de hasta 2,000.00

La prueba de hermeticidad también se puede realizar con una prueba neumática, pero requiere de medidas especiales de seguridad.

### ***Desinfección de tubería***

La desinfección del tramo nuevo de tubería se realizará antes de su conexión para operar, mediante la aplicación de una solución de agua y cloro con concentración de 40 ppm y se efectuará conjuntamente con la prueba hidrostática o por separado, en cuyo caso se emplearán equipos de lavado a presión, el desinfectante deberá ser limpiado a chorros de agua y el residuo de la solución de cloro, deberá ser vertido directamente al drenaje municipal. (VEASE FOTOGRAFIAS No 35 Y No 36)



PRUEBA HIDROSTÁTICA (FOTOGRAFIA No 35)



DESINFECCIÓN DE TUBERÍA (FOTOGRAFIA No 36)



## 5.6 UBICACIÓN Y APERTURA DE CAJAS

En ocasiones las cajas de válvulas no logran visualizarse en el campo debido a que se encuentran asfaltadas, con material diverso u otros obstáculos que impiden saber si existe alguna. Por lo tanto, es necesario ubicarlas siguiendo el eje de la red en ambos sentidos, al coincidir ambas líneas encontraremos ya sea un cruceo muerto, es decir, con piezas especiales enterradas o la buscada caja de válvulas.

Al ser ubicada la caja se procede a descubrirla o a quitar el obstáculo para visualizarla proceder a la apertura de esta. Las cajas, en ocasiones las encontramos con material diverso en su interior que impide realizar trabajos, por ello se procede a desazolvar la caja hasta quedar libre de toda materia. (VEASE FOTOGRAFIA No 37)



CAJA DE VÁLVULAS DESCUBIERTA BAJO ASFALTO

FOTOGRAFIA No 37



### 5.6.1 DEMOLICIÓN DE MURO EN CAJA DE VÁLVULAS

Para lograr los trabajos de seccionamiento y preparación de la tubería, se realizará un paso hombre, es decir, una demolición en el muro de la caja de válvulas de 0.70 X 0.70 X 0.28 m. en el eje de la tubería de red para el paso de la tubería, hasta lograr el paso que permita realizar los trabajos posteriores. (VEASE FOTOGRAFIA No 38)



DEMOLICIÓN DE MURO

FOTOGRAFIA No 38

### 5.6.2 CIERRE DE VÁLVULAS

Previo a la desconexión de la tubería y su seccionamiento se tendrá que realizar uno o varios cierres de válvulas, según lo requiera el tramo a rehabilitar, es decir, hasta que se impida el paso de agua por este tramo y se puedan realizar los trabajos de preparación de la tubería a rehabilitar. (VEASE FOTOGRAFIA No 39)



CIERRE DE VÁLVULAS

FOTOGRAFIA No 39



### 5.6.3 DESCONEXIÓN Y SECCIONAMIENTO DE TUBERÍA EN RED

Realizado el cierre de válvulas se procede a desconectar la tubería existente de las piezas especiales (tee, cruz, extremidades, etc.) o válvulas, eliminando los tornillos existentes para realizar el seccionamiento colocando tapas ciegas en la pieza especial encontrada o realizando el cierre de válvula si este fuese el caso.

(VEASE FOTOGRAFÍAS No 40 Y No 41)



SECCIONAMIENTO CON ABRAZADERA (FOTOGRAFIA No 40)



SECCIONAMIENTO EN CRUZ CON TAPA CIEGA (FOTOGRAFIA No 41)

### 5.6.4 BOMBEO DE ACHIQUE

Al realizar la desconexión, en ocasiones, tenemos carga de agua excesiva en la tubería existente o los cierres de válvulas no se pueden realizar de la manera que quisiéramos, por lo tanto, se procederá a ejecutar un bombeo con una bomba de capacidad suficiente, del diámetro de 2" o 4" que son las más comúnmente utilizadas para este trabajo o el requerido según la circunstancia, ya sea en ventanas de banqueta o de lanzamiento. Este gasto desalojado se tendrá que canalizar por un cauce natural o hacia el drenaje más próximo. (VEASE FOTOGRAFIA No 42)



BOMBEO DE ACHIQUE EN VENTANA DE LANZAMIENTO

FOTOGRAFIA No 42



## 5.7 CONDICIONES DE VÁLVULAS EN CAJAS

En la gran mayoría de las veces las condiciones físicas de las válvulas de seccionamiento se encuentran en un estado tal que es conveniente la sustitución de estas por nuevas y máxime cuando la red se sustituye prácticamente en su totalidad y su antigüedad lo requiere, por ello, cuando una válvula no realiza su sello perfecto al ser accionada, fuga del vástago o del bonete, los extremos de esta no facilitan su conexión con la tubería nueva, el vástago junto con su capuchón no operan o las condiciones mismas de las válvulas como pudiera ser un estado corrosivo en su interior que impida el libre paso del agua o no fueran estas recomendables para operar en la red secundaria se procede a su intercambio, de caso contrario, estas no se sustituirán.

(VEASE FOTOGRAFIA No 43)



CONDICIONES DE VÁLVULA EXISTENTE

FOTOGRAFIA No 43

### 5.7.1 EXISTENCIA DE CRUCEROS

Cuando nos referimos a los cruceros, hablamos de lo que comprenden las piezas especiales como son las cruces, tees, codos, extremidades y carretes que pudiéramos encontrar enterrados, es decir que no logran ser vistos en campo solo hasta que son localizados de la forma como se ubica una caja de válvulas enterrada o asfaltada, como se explicó anteriormente.

Al ser descubiertos estos cruceros se encontrarán piezas especiales, las cuales, como las válvulas, se pueden encontrar en condiciones buenas o malas, por lo tanto, si las piezas presentarán un estado físico corrosivo en exceso tanto en su interior como en su exterior, que sus paredes se debiliten y en su interior impide el paso libre del agua se optarán por sustituirlas por piezas nuevas y se procede a realizar su seccionamiento, como se explicó con anterioridad, de caso contrario, solo se realiza esto último sin sustituir la pieza. (VEASE FOTOGRAFIA No 44)

*Nota.* Tanto las válvulas de seccionamiento como las piezas especiales viejas sustituidas, se tendrán que regresar a la dependencia, en este caso al Sistema de Aguas de la Ciudad de México.



CONDICIONES DE PIEZA ESPECIAL EXISTENTE

FOTOGRAFIA No 44

### 5.7.2 CARGA Y ACARREO DE TUBERÍA

Cuando se realiza la desconexión y seccionamiento de la tubería, siendo esta, en cajas de válvulas o en cruceros muertos, llevamos a cabo un corte de la tubería existente en las ventanas de lanzamiento y recepción tanto para la introducción de la tubería nueva como para introducir el equipo de rompimiento respectivamente.

Este corte de tubería nos lleva a tener que retirar las piezas que resulten de dicho corte hasta tener la ventana con una superficie en su interior lo más horizontal que podamos (en forma de cama) para recibir el equipo de rompimiento, para el caso de la ventana de recepción. Las piezas que resulten del retiro se acarrearán al banco de escombros más próximo.

### 5.8 COLOCACIÓN DE EQUIPO DE ROMPIMIENTO "HB-38" E INTRODESPLAZAMIENTO.

El sistema hidráulico Vermeer HB-38 (HydroBurst HB 38) está diseñado para rehabilitar sistemas de distribución de agua y tiene una capacidad de reemplazo de tubos de asbesto-cemento, concreto y fierro fundido de 3", 4" y 6" consta de los siguientes componentes:

- Fuente de poder de 20 HP
  - ⇒ Motor Diesel Perkins enfriado por agua larga duración.
- Unidad de impulso hidráulico de 8 toneladas.
  - ⇒ Capacidad bi-direccional
- Dos cilindros de 18" que empujan y jalan obteniendo con esto grandes incrementos de producción.
  - ⇒ Diseño de mordazas automáticas que permiten facilidad y control de operación para los empujes y jales de las barras.
- Barras de acero
  - ⇒ Barras de acero sólido tratadas a altas temperaturas que aseguran resistencia y durabilidad.
  - ⇒ Barras roscadas en sus extremos (macho y hembra)
  - ⇒ Cada barra es de 1.00 o 1.20 m. de longitud.



- *Almacenaje y traslado de barras.*
  - ⇒ Dos cajas de acero diseñadas con puertas con deslizamiento vertical para contener las barras organizadas y accesibles al operador así como para sus traslados.
- *Amplidores de ruptura.*
  - ⇒ Dos amplidores con diámetro exterior uno de 190mm. y otro de 140 mm. amplían y expanden los fragmentos de la tubería existente hacia los extremos del material que los rodea, facilitando y despejando la ruta para instalar la nueva línea.  
(VEASE FOTOGRAFIA No 45)
- *Navajas cortadoras con filo tipo "v".*
  - ⇒ Una para cortar tubo de 3" y 4" y otra para tubo de 6" de diámetro, fabricadas con acero tratado a altas temperaturas capaces de mantener su integridad para múltiples rupturas.
  - ⇒ Su función cumple con el rompimiento previo de la tubería existente.
- *Expansores.*
  - ⇒ Cuenta con tres expansores para jalar tubería en diámetros de 3", 4", y 6" y así lograr agrandar el paso para la tubería nueva después de ser reventada la tubería existente con la navaja o cuchilla cortadora.
- *Remolque.*
  - ⇒ Existe una plataforma tipo cama para realizar los traslados del equipo, es decir un remolque para transportar tanto el equipo de rompimiento como sus componentes.(VEASE FOTOGRAFIA No 46)



EXPANSOR, AMPLIADOR DE RUPTURA Y NAVAJA CORTADORA EN "V"

FOTOGRAFIA No 45





FUENTE DE PODER, UNIDAD DE IMPULSO HIDRÁULICO, BARRAS DE ACERO Y ALMACENAJE.

FOTOGRAFIA No 46

## 5.9 LANZAMIENTO DE TUBERÍA PEAD CON "HB-38"

Colocada la unidad de impulso hidráulico (equipo de rompimiento) dentro de la ventana de recepción se dispone a introducir por la tubería existente (antigua) que sirve de guía para la instalación de la tubería nueva, las barras de acero ensamblándolas una por una hasta que estas logren salir por la ventana donde se lanzará la tubería de polietileno (lanzamiento). (VEASE FOTOGRAFIA No 47)

Una vez con las barras fuera, (VEASE FOTOGRAFIA No 48) ensamblamos roscando la cuchilla a la punta de estas, asimismo colocamos el amplificador de ruptura tanto en el otro extremo de la cuchilla como en la tubería, que es soportada por el expansor (sistema de mordazas colocadas en el interior de la tubería de polietileno) que al girarlo, comienza a ensanchar las mordazas hasta presionar la tubería a tal grado que no permita su desprendimiento al momento de realizar su lanzamiento. (VEASE FOTOGRAFIA No 49)

Realizado lo anterior, la tubería de polietileno seguido de su tren de piezas son introducidas en la tubería a sustituir por el equipo de rompimiento que previamente se colocó de forma horizontal. (VEASE FOTOGRAFIA No 50). A medida que la tubería avanza en el subsuelo la cuchilla va rompiendo la tubería antigua incrustando el material de esta en el subsuelo creando un microtúnel con el amplificador de ruptura por el que pasa la tubería de polietileno hasta su salida por la ventana de recepción. (VEASE FOTOGRAFIA No 51).

Consecuentemente, se retiran las piezas hasta quedar tan solo la tubería de polietileno, la cual, se somete a termofusión (stub-end) en cada uno de los cruces, posteriormente se procede a realizar sus respectivas conexiones en piezas especiales ó válvulas como se explicó anteriormente.



COLOCACIÓN DE UNIDAD DE IMPULSO (FOTOGRAFIA No 47)



INTRODUCCIÓN DE BARRAS (FOTOGRAFIA No 48)



COLOCACIÓN DE NAVAJA Y AMPLIADOR (FOTOGRAFIA No 49)



LANZAMIENTO DE TUBERÍA PEAD (FOTOGRAFIA No 50)



PROCESO DE REVENTAMIENTO Y SUSTITUCIÓN DE TUBERÍA

FOTOGRAFIA No 51



## 6.1 REHABILITACION UTILIZANDO MARTILLO NEUMÁTICO "TOPO".

La aplicación de este método permite rehabilitar tuberías de agua potable de 2" hasta 48" de diámetro, con la nobleza de poder absorber deflexiones existentes en la red con lo que con el equipo HB-38 es más difícil lograr.

Los trabajos que se llevan a cabo con este método son los mismos que para la aplicación del equipo hidráulico "HB-38" antes mencionado con la diferencia que, para la sustitución de la tubería no se aplica este último si no aplicamos el martillo neumático que a continuación mencionaremos.

Equipo a utilizar:

- Malacate hidráulico ó Winche: Este equipo cuenta con un tablero de control para hacer más sencilla su operación, gracias a esto se puede supervisar la fuerza de tensión, velocidad, volumen de aceite hidráulico, etc. Todos los modelos tienen una caja portable y un tubo especial para cuando se hace el reventamiento. Este tubo se baja a la ventana y se alinea con la tubería que se va a rehabilitar para pasar por ella el cable, (VEASE FIGURA 6-1).
- Compresor de 375 lb. /pulg.<sup>2</sup> (26.36 Kg./cm.<sup>2</sup>) el cuál nos sirve para suministrar el aire necesario para que trabaje el equipo (topo neumático)
- Cobra: Es una varilla flexible de fibra de vidrio, la cual se introduce a través de la tubería para pasar de un extremo a otro las mangueras del compresor o el cable del malacate. Viene enrollada en una jaula móvil de aluminio. Está disponible en longitudes de 60, 120, 150 y 200 m. la fibra vuelve a su posición sin ninguna vibración posterior o signo de fatiga en su elasticidad.
- Martillos neumáticos: se clasifican según su diámetro que pueden ser de 45 a 180 mm. En martillos de cabeza móvil y de 90 a 600 mm. En martillos hincadores de tubería. Los martillos de cabeza móvil se emplean en la instalación de tuberías de hasta 8" de diámetro; para diámetros mayores utilizamos los martillos hincadores.





MALACATE HIDRÁULICO Ó WINCHE

FIGURA 6-1

*Topos con sistema de cabeza móvil.* En este martillo la cabeza y el cuerpo están separados, por lo que opera en dos pasos; en el primero el cincel (chisel) es golpeado por el pistón, y el cabezal montado sobre el cincel se abre paso destruyendo los posibles obstáculos. En el segundo paso el cuerpo (casing) es introducido junto con el tubo que se va a instalar. La energía del golpe está concentrado en la punta del topo. (VEASE FIGURA 6-2)

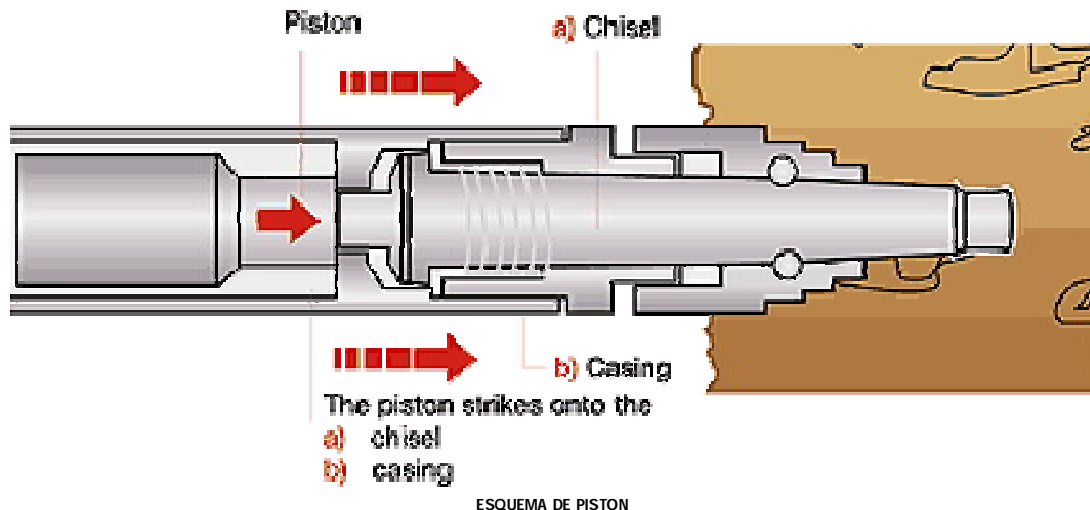
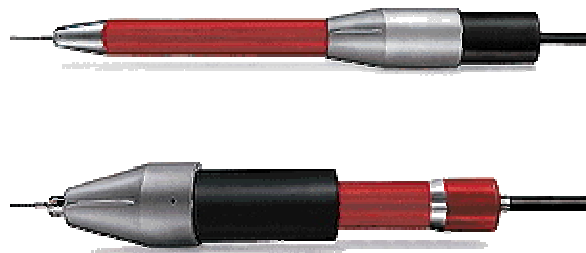


FIGURA 6-2



En el cuerpo del topo viene incluido el expansor que revienta la tubería y empuja lateralmente la tierra circundante, en su parte trasera tiene un dispositivo donde se conectan las mangueras que le inyectan aire.

Consta de un cople o buje que por uno de sus lados se enrosca en la parte trasera del topo y en el otro costado trae adherido un tramo de tubo de polietileno el cual se termofusiona con la tubería que se va a colocar, así al avanzar el topo instala la tubería de polietileno, (VEASE FIGURA 6-3).



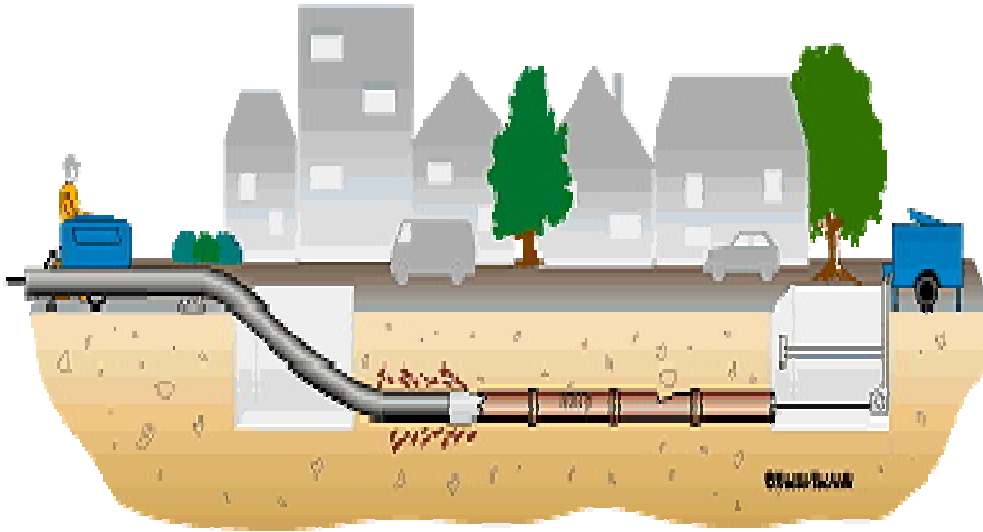
TOPO Y COPLÉ O BUJE

FIGURA 6-3

## Procedimiento

1. Colocación del malacate en ventana de recepción. (Extremo derecho de la ilustración "esquema de rehabilitación")
1. Introducción de cobra por tubo existente de la ventana de lanzamiento, cuando llega a la posición donde se encuentra el malacate se le engancha el cable de acero de este y se regresa la cobra junto con este.
2. Se termofusiona la tubería de polietileno que va a instalarse al cople o buje que se enrosca en la parte trasera del topo.
3. Se pasa la cobra a través de la tubería nueva empezando por la cola hasta salir por la punta del tubo a pie de ventana de lanzamiento.
4. Enganchar cable de acero del malacate al extremo de cobra y jalarlo hasta que el cable llegue a cola de tubo.
5. Enganchar cable de acero del malacate al topo.
6. Accionar el malacate para que el topo avance por el interior del tubo a colocar hasta que toque con el cople o buje, y se apunta a la entrada de la tubería vieja.
7. Se tensiona el malacate y se pone a trabajar el compresor (extremo izquierdo del "esquema de rehabilitación") para que el buje del topo que es quién tiene la fuerza de empuje comience a introducir la tubería hasta su salida por la ventana de recepción,(VEASE FIGURA 6-4)





ESQUEMA DE REHABILITACIÓN

FIGURA 6-4

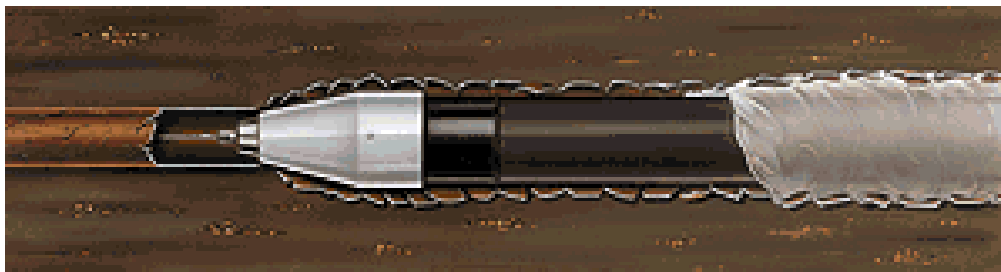
El efecto combinado de la percusión del topo y la tensión constante del malacate, permite al martillo golpear eficazmente a través de la tubería vieja. (VEASE FIGURA 6-5)



GOLPETEO DE MARTILLO EN TUBERÍA DE ASBESTO- CEMENTO

FIGURA 6-5

La tensión que ejerce el cable del malacate sobre la tubería nueva es mínima ya que gracias al golpeteo del martillo neumático (cople o buje) cumple básicamente como guía para que no se desvíe el topo. (VEASE FIGURA 6-6)



PROCESO DE SUSTITUCIÓN DE TUBERÍA

FIGURA 6-6



Ventajas:

- Se puede sustituir líneas que no sean totalmente rectas, que cuenten con deflexiones sin excederlas ya sea de forma horizontal o vertical.
- Debido a la variedad de martillos neumáticos y en los malacates se pueden hacer varias combinaciones para cumplir con los requerimientos de obra. (VEASE TABLA VI-I)
- Es posible instalar hasta 150 m. de tubería en un solo tiro.

Datos técnicos del topo							
Tipo de máquina	Diámetro equipo	Longitud mm.	Peso Kg.	Consumo de aire (m3/min)	Percusiones por minuto	Diámetro de tubos	Potencia de impacto (ton)
David	95	1600	66	1.30	335	50	21
Atlas	130	1650	140	2.50	310	50	47
Titán	145/160	1545	137	4.00	285	100	98
Olymp	180/195	1690	225	5.00	305	100	115
Hércules	220/235	1913	368	8.00	340	120	173
Gigant	270/300	2010	615	12.00	310	200	360
Koloss	350/400	2341	1180	20.00	220	280	512
Goliath	450/510	2852	2465	35.00	180	380	1500
Taurus	600/670	3645	4800	50.00	180	380	2500

DATOS TÉCNICOS DE "TOPOS" UTILIZADOS EN REHABILITACIÓN DE REDES

TABLA VI-I

## 6.2 LANZAMIENTO DE "TOPO" PARA SUSTITUCIÓN DE RAMALES

Al tener nuestras ventanas de arroyo y de banqueteta introducimos longitudinalmente en esta última y en dirección a la ventana de arroyo nuestro equipo de perforación direccional comúnmente llamado topo o martillo neumático para cada uno de los ramales a sustituir, el cual, avanza en el subsuelo impulsado por un compresor hasta que sale por la ventana de arroyo, dejando a su paso un microtúnel por el que posteriormente se introduce la tubería de polietileno. Este microtúnel cuenta con un diámetro de 55mm, ó de 75mm ya que son los diámetros de los topos más comúnmente utilizados para la rehabilitación de toma domiciliaria. (VEASE FOTOGRAFIA No 52 y No 53).

En esta rehabilitación, normalmente encontramos lo que llama ramales cortos y largos, es decir, la tubería de red secundaria de agua potable, en la mayoría de los casos no está a la mitad del arroyo vehicular, sino que se carga hacia uno de sus lados, pudiendo estar sobre la banqueteta, por lo tanto, como existen ramales de ambos lados de las aceras algunos de estos son más largos que otros, por lo que existen cortos y largos; debido a ello es recomendable introducir nuestro topo de 55mm. En los ramales cortos y en los largos el de 75mm, ya que este último cuenta con una mayor fuerza de arrastre, su longitud es mayor y suele utilizarse para tomas mayores de  $\frac{3}{4}$ ".



INTRODUCCIÓN DE "TOPO" (FOTOGRAFIA No 52)



SALIDA DE "TOPO" (FOTOGRAFIA No 53)

Datos técnicos de topos								
Diámetro en mm.	45	65	75	95	110	130	145	180
Diámetro de perforación (mm)	45	65	75	95	110	130	145	180
Diámetro de perforación (pulg)	1.8	2.6	3	3.75	4.3	5.1	5.7	7
Longitud (mm.)	900	1290	1470	1690	1890	1730	1850	2150
Longitud (pulg.)	35	51	58	67	73	68	73	85
Peso (Kg.)	8	25	32	64	96	127	180	290
Consumo de aire m3/min.	0.45	0.7	1	1.2	1.6	2.7	4.5	4.5
No. de golpes por minuto	550	450	400	330	280	350	300	275

DATOS TÉCNICOS DE TOPOS PARA SUSTITUCIÓN DE RAMALES

TABLA VI-II

### 6.3 COLOCACIÓN DE TUBERÍA DE "PEAD" PARA RAMALES

Realizado el concepto anterior se dispone a introducir, manualmente, por el microtúnel, la tubería de polietileno de alta densidad de la medida que requiera el ramal.

Comúnmente, existen en su mayoría los ramales de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, sin embargo, podemos encontrar ramales de  $\frac{1}{2}$ ", 1", 1  $\frac{1}{4}$ ", 1  $\frac{1}{2}$ " y 2" que dependen del servicio que abastecen. (VEASE FOTOGRAFIA No 54).





INTRODUCCIÓN DE TUBERÍA PARA RAMAL

FOTOGRAFIA No 54

#### 6.4 TERMOFUSIÓN DE SILLETA Y RAMAL EN TUBERÍA

Para la inserción de ramales de cada una de las tomas de agua con la red secundaria de agua potable, se utilizan las llamadas silletas de termofusión, lo que anteriormente se realizaba con abrazaderas de inserción. Estas silletas son del mismo material que la tubería de pead, con ello, logramos que al realizar su termofusión con esta tengamos una sola pieza; y la seguridad comparada con dos piezas soldadas de acero con la suficiente resistencia para que estas no logren su separación o ruptura.

Para realizar la termofusión se utiliza una herramienta de fusión lateral comúnmente conocida como "silletera".(VEASE FOTOGRAFIA No 55). Esta contiene dos caras combinadas una cóncava y otra convexa, la primera sirve para asentar en la tubería de red y en la segunda asienta la silleta de termofusión. En uno de sus extremos contiene un saliente (macho) para ser introducido en la silleta ya termofusionada en la tubería y en el otro extremo una cavidad (hembra) por donde se introduce la tubería de ramal para ser termofusionada.

Instalación de silletas:

- Se limpian las caras del tubo y la silleta a unir con un trapo de algodón y posteriormente se lijan.
- Se instala la "silletera" en la parte cóncava del tubo y paralelamente la silleta en su parte convexa.
- Manteniendo insertada la "silletera" de caras combinadas entre ambos elementos mantiene una presión firme y constante hasta que se forme un labio de material fundido. Esto se realiza a una temperatura de 500°F ó 260°C.  
(VEASE FOTOGRAFIA No 56)
- Se retira la silleta e inmediatamente la "silletera" disponiéndose a unir tanto la silleta como el tubo aplicando una presión continua y creciente hasta que la junta se enfríe.
- Posteriormente se perfora el tubo por el conducto de la silleta con una broca sacabocado.



TERMOFUSIÓN DE SILETA MECÁNICA (FOTOGRAFIA No 55)



TERMOFUSIÓN DE SILETA MANUAL (FOTOGRAFIA No 56)

### Instalación de tubo de polietileno para ramal:

- Se procede a medir la longitud del tubo hasta la silleta cuidando lo que debe penetrar en esta.
- Se corta el tubo y se limpia al igual que en la instalación de las silletas. Se coloca la tubería en el extremo de la "silletera" donde se ubica el orificio (hembra) y paralelamente el otro extremo en la silleta donde se ubica el saliente (macho) presionándolos.
- Hasta que se forme un labio de material fundido, a la misma temperatura que en silletas, se retira la "silletera".
- Inmediatamente se procede a introducir suavemente la tubería en el orificio de la silleta sin girarla o mover la conexión, sosteniéndolas firmemente durante el tiempo de enfriamiento. (VEASE FOTOGRAFIA No 57 y No 58).



TERMOFUSIÓN DE TUBERÍA PARA RAMAL

FOTOGRAFIA No 57

**Nota:** Se recomienda limpiar las caras de la "silletera" y sus extremos sin dañar su recubrimiento de teflón. No utilice objetos metálicos como navajas o cepillos de alambre. Utilice siempre trapos de algodón y materiales suaves como espátulas de madera.



SILLETA Y TUBERÍA TERMOFUSIONADA (RAMAL)

FOTOGRAFIA No 58

## 6.5 CONEXIÓN DE RAMAL AL CUADRO DEL MEDIDOR

Se conocen dos tipos de conexiones que son las más comunes: con vertical y sin vertical.

La primera se realiza cuando se conecta hasta antes de la válvula macho en el cuadro del medidor llevando acabo los siguientes trabajos:

- Para llegar hasta el cuadro del medidor comúnmente se tiene que hacer un paso de dala o muro con una broca, es decir, atravesar la dala, cimiento o muro de la casa o propiedad, para que la tubería de polietileno o cobre logren su paso.
- Se procede a realizar una excavación en el interior del predio al pie del cuadro del medidor de proporciones no mayores de 0.40 x 0.40 x la profundidad requerida para poder renovar el vertical de este hasta la válvula macho. Si no se quisiese realizar la excavación se procede a ranurar el muro y realizar un paso por este hasta llegar a la válvula descrita con tubería de cobre.
- Realizada la excavación se introduce la tubería de polietileno por el paso de dala hasta salir por la excavación. Se procede a colocar en la punta de la tubería un codo de plástico a presión y en el otro extremo roscando el vertical (al codo roscable) previamente trabajado en plomería de cobre hasta conectarlo al cuadro del medidor. Si se realizara un paso de muro esta conexión se llevaría a cabo fuera del predio (paramento) y con material de cobre llegaríamos hasta el cuadro. (VEASE FOTOGRAFIA No 59).

Si lleváramos a cabo la conexión sin vertical haríamos lo siguiente:

- Se procede a buscar la tubería de ramal existente del predio.
- Localizada la tubería se conecta la tubería de polietileno con esta por medio de un codo o cople roscable a presión a la punta de la tubería nueva y en el extremo de la tubería vieja se realizan trabajos de plomería en material de cobre y se rosca con el descrito codo o cople.



Esta conexión se dice también que se realiza a paramento del predio. Posteriormente de terminados estos trabajos se resanan los pisos interiores o los muros dañados. (VEASE FOTOGRAFIA No 60).



CONEXIÓN A CUADRO DE MEDIDOR (FOTOGRAFIA No 59)



CONEXIÓN SIN VERTICAL (FOTOGRAFIA No 60)

## 6.6 RETIRO Y TRANSPORTACIÓN DE EQUIPO "HB"

Al término de utilizar el equipo de rompimiento se procede a retirarlo de la ventana de recepción con una grúa móvil sosteniéndolo con cables de acero (como previamente fue colocado para rehabilitar), (VEASE FOTOGRAFIA No 62) transportándolo en el mismo vehículo que contiene la grúa. Asimismo, se retira tanto las barras como la fuente de poder y sus herramientas. Esto también se puede realizar transportándolo en un remolque jalado por un vehículo. Para retirar el malacate y el compresor, estos tienen la ventaja de estar sobre ruedas y ser remolcados. (VEASE FOTOGRAFIA No 61).



CARGA DE HIDROBUS (FOTOGRAFIA No 61).



MANIOBRAS DE LA GRÚA EN OBRA (FOTOGRAFIA No 62)



## 6.7 SUSTITUCIÓN DE PIEZAS ESPECIALES SEGÚN SU ESTADO FÍSICO

Estas piezas se sustituyen siguiendo el mismo criterio que las válvulas de seccionamiento descrito con anterioridad. Ver "existencia de cruceros". (VEASE FOTOGRAFÍAS No 63 y No 64).



SUSTITUCIÓN DE VÁLVULA (FOTOGRAFÍA No 63)



SUSTITUCIÓN DE CRUZ DE FO.FO. (FOTOGRAFÍA No 64)

## 6.8 TERMOFUSIÓN DE STU-BEND DE PEAD Y CONEXIÓN A PIEZAS ESPECIALES Y/O VALVULAS

Este procedimiento se describió con anterioridad en el concepto de *termofusión de tubería de "pead"*. (VEASE FIGURAS No 65 y No 66)



UNIÓN BRIDADA INTERMEDIA (FOTOGRAFÍA No 65)



CONEXIÓN A CODO DE FO.FO. (FOTOGRAFÍA No 66)

## 6.9 COLOCACIÓN DE ATRAQUES

Los atraques son volúmenes de concreto hidráulico que se colocan en las extremidades y cambios de dirección de las tuberías cuando se emplean piezas especiales, con el fin de que resistan o absorban las fuerzas hidrodinámicas producidas por el líquido en movimiento, sin embargo, se podrán prescindir de ellos cuando se efectúe una buena compactación y el terreno y las paredes de la zanja sean firmes.



El concreto para su construcción deberá tener una resistencia de 100 Kg./ cm.<sup>2</sup>  
Las piezas especiales deberán estar alineadas y niveladas antes de colocar los atraques, los cuales quedarán perfectamente apoyados al fondo y pared de la cepa. (VEASE FOTOGRAFIA No 67).

**Nota:** Para la rehabilitación de redes de distribución de agua con tubería de polietileno, el atraque se colocará con la tubería ya instalada previa a la puesta en operación. (VEASE TABLA VI-II)

Dimensiones de atraques de concreto para piezas especiales de fierro fundido					
Diámetro de piezas espec.		Altura cm.	Ancho cm.	Largo cm.	Volumen por atraque m. <sup>3</sup>
mm.	pulgadas				
76	3	30	30	30	0.027
102	4	35	30	30	0.032
152	6	40	30	30	0.036
203	8	45	35	35	0.055
254	10	50	40	35	0.070
305	12	55	45	35	0.087

TABLA VI-III



COLOCACIÓN DE ATRAQUE EN TEE DE FO.FO.

FOTOGRAFIA No 67

### Apertura De Válvulas

Al tener completamente nuestras conexiones tanto en piezas especiales como en ramales se procede a abrir las válvulas que previamente cerramos para sustituir el tramo de tubería seleccionado, observando que no existan fugas.



## 6.10 REPARACIÓN DE MURO EN CAJA DE VÁLVULAS

Así como demolimos el muro de la caja de válvulas tenemos que rehacerlo con el mismo material encontrado (tabique rojo recocido) juntado con mortero cemento-arena y de las mismas medidas. Este muro igualmente se aplanará con este mortero en la cara interior de la caja con un acabado pulido.  
(VEASE FOTOGRAFIAS No 68 Y No 69).



REPARACIÓN DE MURO (FOTOGRAFIA No 68)



APLANADO DE MURO (FOTOGRAFIA No 69)

*Reparación de drenajes:* en ocasiones, al realizar las excavaciones en las ventanas nos encontramos con drenajes de las descargas domiciliarias los cuales, por descuido o por la misma ejecución de los trabajos tenemos que prescindir de ellos por un momento, debido a esto tenemos que sustituir o repararlos a la brevedad. (VEASE FOTOGRAFIA No 70).



REPARACIÓN DE DESCARGAS DOMICILIARIAS AGUAS NEGRAS

FOTOGRAFIA No 70



### 6.11 RELLENOS EN EXCAVACIONES COMPACTADOS AL 90% PROCTOR.

El relleno inicia con el tendido de la cama de 10 cm. de espesor con tepetate para proporcionar apoyo continuo al tubo, posteriormente para darle estabilidad, se procede con el acostillado compactado en forma homogénea en capas sucesivas de 20 cm. Hasta un medio del diámetro del tubo sobre el lomo del mismo, realizado con pisón de costilla. Posteriormente se rellena hasta completar el enrase de la zanja con el nivel de piso terminado, compactándose en capas sucesivas de 30 cm. Con equipo de compactación (bailarinas). (VEASE FOTOGRAFIA No 71 y No 72). El relleno se realizará en un tiempo no mayor a 24 hrs. Después de efectuada la excavación y se efectuará con tepetate de banco exento de piedras y con la humedad necesaria para compactarse al 90% Proctor.

En campo abierto, camellones jardinados o áreas verdes, el relleno de la cepa se realizará con el material producto de la excavación libre de piedras compactado hasta un medio del diámetro del tubo medido a partir del lomo del mismo. El resto del relleno será a volteo dejando a lo largo de la cepa un lomo de tierra.

Para compactaciones Proctor 90% un laboratorio designado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México llevará a cabo pruebas de compactación aproximadamente @ 100 m. de longitud de tubería rehabilitada, las cuales nos dirán si las compactaciones son aceptables o no.

Si la prueba resultase menor al 90% Proctor (negativa) se procederá a retirar el material compactado de las ventanas a un radio de 25 m. a partir de la excavación en la cual se llevó a cabo la prueba. Posteriormente se realiza una nueva compactación (recompactación) para efectuar otra prueba, hasta que esta logre ser aprobada.



RELLENO Y COMPACTACIÓN EN VENTANA (FOTOGRAFIA No 71)



COMPACTACION ARROYO VEHICULAR (FOTOGRAFIA No 72).





## 6.12 FIRME DE CONCRETO SIMPLE EN PISOS

Toda demolición que se haya realizado en pisos de concreto hidráulico se tendrán que rehacer con el mismo material encontrado antes de realizar estos trabajos. En este caso se repondrán los pisos de banqueta, pisos en el interior de los predios, etc. con un concreto  $f'c = 150 \text{ Kg./cm.}^2$  con el acabado existente, con un espesor de 10 cm. (VEASE FOTOGRAFIA No 73).



COLOCACIÓN CONCRETO HIDRÁULICO EN VENTANA DE BANQUETA

FOTOGRAFIA No 73

## 6.13 BARRIDO FINO

Previo a la colocación de asfalto en ventanas se realiza un barrido fino en toda nuestra área de trabajo el cual, como su nombre lo dice, es un barrido exhaustivo en el que se hace limpieza del material suelto que pudiese haber después de efectuar el barrido grueso en el transcurso de las actividades propias de cada trabajo. (VEASE FOTOGRAFIA No 74).



BARRIDO FINO DE LA OBRA

FOTOGRAFIA No 74

#### 6.14 PREPARACIÓN DE VENTANAS PARA ASFALTAR

Al realizar nuestro relleno y compactación en las ventanas localizadas sobre el arroyo vehicular este se realiza hasta el nivel superior de estas (enrasado hasta el nivel de piso terminado) por ello, previo a la colocación de asfalto se tiene que realizar un cajeo del área de la ventana a asfaltar, es decir, retirar un volumen de material compactado desde la superficie hasta una profundidad de 7.5 cm. procurando que este cajeo se realice obteniendo una superficie lo más uniforme posible, sin material suelto y sus aristas lo más perfectamente realizadas. (VEASE FOTOGRAFIA No 75). El material de cajeo se acarreará al banco de material de escombros más cercano al área de trabajo para ser retirado en camiones de volteo hasta su depósito final al tiro designado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.



CAJEO EN VENTANA DE LANZAMIENTO

FOTOGRAFIA No 75



## 6.15 TENDIDO DE ASFALTO

Teniendo nuestro cajero en ventanas listo para recibir nuestro asfalto, colocamos un riego de liga con emulsión asfáltica procurando cubrir en su totalidad la superficie de estas, así como, sus paredes y en su área perimetral. Con ello lograremos una buena adherencia entre el asfalto existente y el nuevo.  
(VEASE FOTOGRAFIA No 76).

Realizado lo anterior procedemos a reponer el pavimento colocando la mezcla asfáltica en ventanas rastrillándola hasta cubrir el área. El espesor de esta carpeta será de 7.50 cm. e irá compactada con rodillo vibratorio procediendo a recortar el material excedente en su perímetro. Posteriormente se aplicará un sello con cemento Pórtland tipo II, finalizando con la limpieza del área de trabajo.  
(VEASE FOTOGRAFIA No 77 y No 78).



RIEGO DE LIGA (FOTOGRAFIA No 76)



RASTRILLO DE MEZCLA ASFALTICA (FOTOGRAFIA No 77)



COMPACTACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

FOTOGRAFIA No 78

### 6.16 RETIRO DE SEÑALIZACIÓN

Como se han concluido los trabajos de campo y no existe riesgo alguno por estos se procederá a retirar la señalización acarreándola hasta el nuevo tramo a rehabilitar o en su caso a un almacén hasta su nueva utilización.

### 6.17 LIMPIEZA FINAL

Previo a la entrega de los trabajos se realizará una supervisión de estos, tanto en los interiores de los predios como en las banquetas, arroyos, y áreas que fueron ocupadas para la realización de actividades, así como, en los interiores de las cajas de válvulas; esto para realizar su limpieza si lo requiriese.

### 6.18 ELABORACIÓN DE PLANOS FINALES

Esta actividad se lleva a cabo en gabinete con la información proporcionada por el campo. Así logramos actualizar la red secundaria de agua potable para que la dependencia tenga la información necesaria para trabajos posteriores.



## CONCLUSIONES

El abastecimiento de agua y de drenaje para la creciente población de la Ciudad de México representa un gran reto. Al igual que el problema de la contaminación del aire, que demandó una atención muy importante hace 10 años; la situación del abastecimiento de agua en la ciudad se aproxima a una crisis. El continuo crecimiento urbano, junto con el escaso financiamiento, han limitado la capacidad del gobierno para extender la red de abastecimiento de agua a las áreas que carecen del servicio. Los niveles de agua del subsuelo se han venido abatiendo en el transcurso de los últimos 100 años, lo que ha provocado un hundimiento del suelo de la región; como consecuencia, el nivel de la superficie del área metropolitana ha sufrido un descenso de 7.5 metros, con respecto al nivel de referencia original. Esto propicia condiciones para que existan más inundaciones en la ciudad, lo que a su vez provoca daños a la infraestructura especialmente a las redes de agua potable y drenaje.

Como la Ciudad de México, muchas de las principales ciudades del mundo enfrentan perspectivas inciertas para asegurarse un abastecimiento de agua permanente y confiable. La sustentabilidad del abastecimiento de agua en zonas urbanas está sujeta a muchos factores: la capacidad física del sistema hidrológico, la vulnerabilidad del sistema a la contaminación, la capacidad de tratamiento, la distribución y el desecho de aguas residuales, sin descontar los diversos aspectos sociales, económicos e institucionales que influyen en la capacidad de una sociedad para administrar sus recursos.

Por razones históricas y políticas, México es un país muy centralizado, a pesar de los esfuerzos de descentralización realizados por el gobierno en los años recientes. A causa de esto, los servicios gubernamentales y el desarrollo industrial se han concentrado en la Ciudad de México. En ella se localiza el 45 por ciento de la actividad industrial nacional y tiene lugar el 38 % de su producto nacional bruto. La ciudad alberga casi todas las oficinas de gobierno, los centros de negocios nacionales e internacionales, las actividades culturales, las universidades y los institutos de investigación más importantes.

El rápido crecimiento de los últimos 50 años se ha caracterizado tanto por la expansión de áreas urbanas y residenciales planeadas para las clases media y alta, como por las invasiones ilegales de tierra y los asentamientos no planificados en las áreas periféricas. A lo largo del tiempo, las autoridades gubernamentales han prestado atención a estos asentamientos irregulares, proporcionándoles servicios urbanos que incluyen el abastecimiento de agua, aunque estos han sido insuficientes e inadecuados la mayor parte del tiempo.

El continuo crecimiento de la Ciudad de México la ha convertido en una de las metrópolis más grandes del mundo, lo que ha provocado rezago en el suministro de agua potable. Por tal motivo las autoridades se han visto en la necesidad de mejorar la infraestructura hidráulica y ampliar la cobertura de servicio que los habitantes requieren.

El empleo adecuado del agua, como la actualización de los componentes del sistema hidráulico adquiere especial relevancia si se considera la escasez del recurso y los altos costos que implica su abastecimiento.

Por lo anterior la extinta Comisión de Aguas del Distrito Federal ha considerado de vital importancia llevar a cabo el Programa de Mejoramiento de la Infraestructura Hidráulica.





Como parte de esta estrategia, se ha establecido y desarrollado un programa de eliminación de fugas en los domicilios de los usuarios, consistente en la sustitución del ramal de la toma domiciliaria de la red secundaria de agua potable, logrando con esto, un mayor aprovechamiento de la infraestructura para la conducción y distribución de agua potable, contribuyendo a garantizar el desarrollo de la ciudad.

La cobertura del área total comprende únicamente a la delegación Iztapalapa. Con la finalidad de dar continuidad a las actividades relativas a la 3ra. Etapa, se formalizaron los anexos de ejecución:

06-PD-SA-20-0156-1-03, 06-PD-SA-20-0154-1-03, 06-PD-SA-20-0155-1-03,

Periodo de ejecución Septiembre a Diciembre del 2009.

Longitud de red a rehabilitar 43,400 m.

Sustitución de 5,215 ramales.

Sustitución de 143 válvulas.

Las actividades principales que se ejecutaron en estos anexos fueron las siguientes:

- Definición de las colonias a rehabilitar, así como la elaboración de su proyecto ejecutivo, considerando que a mayor edad de las tuberías aumenta considerablemente la probabilidad de romperse con más frecuencia, las válvulas ya no operan adecuadamente, así como los demás accesorios; por consiguiente las fugas se incrementan, la pérdida de agua es tan grande que resulta mucho más económico y eficiente reemplazar las tuberías viejas, que continuar eliminando fugas en un mismo tramo de tubería.
- La ejecución de la rehabilitación en campo, mediante la utilización de tecnología que se adapte a las necesidades de costo, tiempo y calidad, ocasionando la menor ó mínima molestia a los usuarios.
- Disminuir la gran cantidad de fugas no visibles en ramales de toma domiciliaria que a lo largo de los años presenten corrosión, desgaste, o daños por el paso de vehículos ocasionando que las tuberías presenten fracturas en su estructura.
- Sustitución de Válvulas que por falta de mantenimiento o por haber llegado al final de su vida útil, no cumplen con su función dentro de la operación del sistema de agua potable.

Las colonias que se programaron para la ejecución de estos anexos son las siguientes:

En la zona alta se encuentran las colonias:

- Ampliación Emiliano Zapata
- Ampliación Santiago
- Xalpa
- Lomas de Zaragoza
- Huecampol





En la zona baja se tiene las colonias:

- Santa Cruz Meyehualco
- Los Angeles
- Francisco Villa
- Mercedes
- Escuadrón 201
- Héroe de Churubusco
- Sector Popular
- Granjas San Antonio

Como resultado de estos anexos de ejecución de las colonias programadas en la Delegación Iztapalapa, se obtuvieron las siguientes metas:

Periodo de ejecución Septiembre a Diciembre del 2009

Longitud rehabilitada 40,440.07 m. 31,522.44 m de 4", 8,286.33 de 6" de diámetro y 631.30 m de 12".

Se sustituyeron 4,816 ramales.

Se sustituyeron 174 válvulas.

La superficie total de la Delegación Iztapalapa es de 117.5 Km.<sup>2</sup> El área que comprenden las colonias en las cuales se realizó la rehabilitación es de 2.21 Km.<sup>2</sup> la cual representa el 1.88% del total de la Delegación.

Se estima que en forma aproximada estos trabajos beneficiaron en forma directa a 4,900 predios y que el volumen de agua recuperada asciende a 0.43 litros/seg.

La Ciudad de México constituye en la actualidad uno de los centros urbanos más dinámicos y complejos. Por la magnitud de su población se sitúa entre las urbes más grandes del mundo, con características tan particulares que la hacen uno de los polos de desarrollo más importantes del país y a su vez uno de los núcleos humanos más conflictivos tanto en el aspecto social como en la prestación de los diversos servicios urbanos que requiere toda megalópolis para su mantenimiento y subsistencia.

El valle de México es una gran planicie central rodeada por montañas y constituye el centro geográfico y político de nuestro país. Cuenta con elevaciones que oscilan entre los 2240 y lo 2390 metros sobre el nivel del mar; contaba con grandes lagos y lagunas que al paso del tiempo se han reducido a pequeños cuerpos de agua.

Los trabajos de ejecución de este anexo están programados para realizarse en la Delegación "Iztapalapa", nombre que significa en Lengua Náhuatl "Sobre las Lajas" y se le asignaba a la Ciudad lacustre, ubicada al pie del Cerro Huixachtlan, actualmente Cerro de la Estrella, localizado cerca de donde hoy está ubicada la Delegación del mismo nombre.

Durante la época prehispánica, Iztapalapa fue una de las villas reales que rodeaban a la Ciudad Tenochtitlán por la parte Sur y se consideraba una de las de mejor urbanización, ya que contaban con infraestructura hidráulica como canales con compuertas y divisiones, utilizados para el riego de cultivos.

El proceso de crecimiento demográfico en Iztapalapa, tuvo como principal origen las grandes extensiones de terrenos, los cuales se fueron urbanizando, convirtiéndose en pocos años en una de las mayores zonas receptoras de emigrantes del centro de la Ciudad de México y del interior del país.



Actualmente la Delegación Iztapalapa colinda con las siguientes delegaciones y municipios:

- Al norte con la Delegación Iztacalco
- Al sur con la Delegación Tláhuac y Xochimilco
- Al este con el Municipio de la Paz, Edo. de México
- Al oeste con la Delegación Coyoacán y Benito Juárez

Geográficamente se encuentra ubicada en los meridianos 98°57' y 97°08' longitud oeste, y paralelos 19°16' y 19°23' latitud norte.

La superficie de la Delegación es de 117.5 km<sup>2</sup> de los cuales 108.8 son zona urbana y 8.7 área ecológica. Su clima es templado y subhúmedo, con una temperatura mínima de 8.3 °C y una máxima de 25.3 °C.

La Delegación se asienta sobre tres tipos de suelo, las arcillas suaves con alto contenido de humedad, típicas de la antigua zona del lago; los suelos de transición constituidos por arcillas blandas con menor contenido de humedad e intercalaciones de lentes de arena y grava. Por último, las arenas y limos compactos característicos de la zona de lomeríos, cuya estructura propicia una alta permeabilidad, permitiendo la recarga del acuífero.

El crecimiento de esta gran urbe la ha convertido actualmente en una de las más pobladas del mundo, se encuentra rodeada por diversos municipios del vecino Estado de México, que juntos constituyen uno de los mayores asentamientos humanos denominado Zona Metropolitana y todos los días hay mil cien nuevas personas en la misma, entre nacimientos y llegada de inmigrantes.

La fuente primordial de abastecimiento de agua potable de la ciudad, se extrae del subsuelo de la ciudad de México, este abastecimiento se complementa con la aportación del sistema Cutzamala, así como la cuenca del Río Lerma, y de otro tipo de fuentes externas.

La principal fuente externa de agua es el sistema Cutzamala, localizado aproximadamente a 140 Kilómetros de la ciudad México. El agua proveniente de esta fuente resulta cara, dado el alto costo de bombeo para hacerla llegar a esta Ciudad, además de que reduce la disponibilidad del agua en otras áreas del país.

La explotación excesiva del acuífero de la ciudad no es deseable ya que, entre otros efectos, ocasiona el fenómeno de consolidación del subsuelo, registrándose severos hundimientos en la mayor parte de la zona central de la ciudad originando por un lado un rápido deterioro en la calidad del agua, y con el tiempo, agotamiento total de los mismos acuíferos.

El agua es el elemento básico para la vida y las actividades del hombre, este vital líquido que fluye por la llave domiciliaria es el resultado de todo un desafío; pero la Ciudad de México enfrenta un grave problema; bajo tierra están las redes de agua potable y drenaje que se están rompiendo, rupturas provocadas por una parte por estos hundimientos y por la otra debido a la antigüedad de la infraestructura.







## ***INFORME FINAL***

### ***Objetivos del Proyecto***

La función principal del proyecto es el mejoramiento de la infraestructura hidráulica en la red secundaria de agua potable, así como incrementar el abastecimiento y la eficiencia operativa y comercial del sistema, en beneficio de los habitantes de la colonia, por lo tanto los objetivos del proyecto son los siguientes:

- Recuperar considerables volúmenes de agua.
- Obtener a corto y mediano plazo el ahorro del agua, traduciendo esto en una mayor disponibilidad del recurso que servirá para aliviar las carencias de agua en las zonas que actualmente padecen escasez, sin realizar grandes inversiones para importar agua de fuentes externas, que se traduciría en alimentar las fugas existentes.

### ***Características de Proyecto***

Dentro de este anexo de ejecución se programaron 10 colonias en las cuales se realizaron trabajos de rehabilitación de la red secundaria, sustitución de ramales y válvulas principalmente y en algunas únicamente la rehabilitación de red primaria.

Para la ejecución de los trabajos se consideraron las siguientes características.

- Determinar los tramos de tubería en la red que se rehabilitaron sobre la base de las estadísticas de fugas proporcionadas por la Delegación Iztapalapa y la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), desde los años de 1995 a la fecha.
- Conocer el comportamiento real de la infraestructura hidráulica que abastece a este sector de la colonia.

### **Tipo de red**

Los trabajos que constituyen la "Rehabilitación de la Red de Agua Potable en las colonias, comprende: El cambio de tramos de tubería existente de asbesto cemento que presentaba un alto índice de fugas, por existir zona de grietas, por tubería de polietileno de alta densidad RD-17 en diámetros de 4", 6" y 12" pulgadas.

### ***Utilidad del Proyecto***

El proyecto tiene como utilidad disminuir considerablemente la pérdida del caudal causado por las fugas de agua potable en las líneas primarias y secundarias, además de aumentar la presión dentro de las líneas y garantizar que la cantidad del agua que llega a los domicilios, sea la misma que sale de los tanques de almacenamiento y distribución.



La reparación de fugas es la función que permite optimizar el mantenimiento de las redes de distribución y de tomas domiciliarias.

Aunque la mayoría de las fugas se localizan en la toma domiciliaria están relacionadas con algún o algunos de los siguientes factores: calidad del material, tipo de material, diseño de los componentes, tipo de unión entre sus componentes e instalación, además de considerar parámetros agresivos en agua y suelo, cargas externas, condiciones hidráulicas, etc.

El diagnóstico. Se evalúan los volúmenes de agua que se pierden por las fugas y sus principales patrones de ocurrencia, y se identifican las causas que las producen, a través del análisis de los proyectos básicos; las técnicas de detección de fugas, son elementales para obtener el diagnóstico.

Operación del Sistema. Es el conjunto de actividades para lograr que el funcionamiento hidráulico de este sistema sea el óptimo para el régimen de consumos. Abarca los aspectos de rutina y planeación de la operación, con los cuales se determina el funcionamiento cualitativo y cuantitativo de los componentes del sistema de distribución de agua potable.

El impacto que se tiene al realizar la rehabilitación de las redes y los ramales de las tomas domiciliarias repercute directamente en la recuperación del agua, al tener menos fugas aumentamos la presión dentro del sistema, se tiene continuidad en el servicio, se tiene un menor mantenimiento al sistema y con esto un ahorro económico que puede utilizarse para otras inversiones como sectorizaciones y mejoramiento de la infraestructura. Así también dentro del área comercial se puede tener una mayor recuperación de cartera vencida ya que el usuario tendrá menos motivos para no realizar el pago por consumo de agua al tener un mejor servicio.

## DESARROLLO

### *Metodología Empleada*

Siguiendo los lineamientos de las Especificaciones Técnicas, de la extinta CADF se llevaron a cabo los trabajos de la rehabilitación de la red de las colonias programadas.

La ejecución de los trabajos se llevó a cabo siguiendo la secuencia de actividades presentadas en nuestro programa de trabajo.

A continuación explicaremos en forma resumida la metodología empleada en la realización de los trabajos.





### ***Planeación***

Con la información de los planos catastrales digitalizados del levantamiento realizado en el año de 1994 de la red hidráulica, se procedió a la revisión de la red secundaria de agua potable con el fin de poder determinar los tramos que ya se rehabilitaron, basándonos en las estadísticas de fugas de tres años anteriores, recopiladas de los datos proporcionado por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica y la Delegación Iztapalapa.

### ***Aprobación***

Teniendo ubicados estos tramos en cada una de las colonias, se presentaron al Sistema de Aguas de la Ciudad de México (S.A.C.Mex.) 44,513.74 m. para su aprobación, las cantidades de cada una de ellas se presentan como se enlista a continuación y se presenta a detalle en los programas y planos de la propuesta de rehabilitación.

Colonia	4"	6"	12"	Total
Ampliación Emiliano Zapata	561.67	880.73		1,442.40
Rancho bajo	979.79	278		1,257.79
Santa Cruz Meyehualco	518.10			518.10
Los Ángeles	582	536.65		1,118.65
Fco. Villa	83.20			83.20
Escuadrón 201	12,863.10	3,307.60		16,170.70
Sector Popular	9,140.00	3,389.00	652.00	13,181.00
Héroes de Churubusco	4,566.80	993.00		5,559.80
Granjas San Antonio	5,028.50			5,028.50
Mercedes	153.60			153.60
			TOTAL	44,513.74 ML

### ***Ejecución en Campo***

Instalación de tubería de la red (método de reventamiento)

Para llevar a cabo los trabajos de la rehabilitación de la red del sistema de agua potable en demás colonias, se utilizó tecnología de punta sin abrir zanjas por el método de reventamiento de tubería:

Este método de renovación de tuberías es recomendado cuando se desea colocar una tubería de igual o mayor diámetro, aprovechando la instalación existente de agua potable, para lo cual se revienta la tubería en uso, empleando simultáneamente un equipo de percusión neumática y uno de tracción para introducir en el interior de la tubería existente una nueva línea de polietileno de alta densidad.

### ***Control de Calidad en Materiales***

En la ejecución de estos trabajos se utilizaron materiales de alta calidad y mano de obra calificada, con el uso del equipo y herramientas modernas.

Se utilizaron tubería de polietileno de alta densidad (PEAD) marca Plexco-Chevron, para presiones de trabajo según proyecto.

Válvulas de Fierro Fundido de la marca "Fundidora Brigham".





Conectores de bronce de PEAD a FoGa, o Cobre, o en su caso conectores de Polipropileno para unir el PEAD a FoGa, Cobre o Plomo.

En lo que respecta los trabajos de rellenos, concretos y asfalto, se cuenta con la participación de un Laboratorio de Control de Calidad contratado directamente por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México para cumplir con la normatividad en compactación y calidad de materiales utilizados en los trabajos de rehabilitación.

En cuanto a los materiales empleados, tal y como se mencionó anteriormente, solo se utilizaron aquellos que son autorizados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México y que cuentan con certificados de calidad emitidos por una autoridad en el área.

### ***Control de Calidad Empleado en el Proyecto***

La calidad y su correspondiente control se plantearon y ejecutaron para las actividades de campo y de gabinete.

En las actividades de campo la capacitación inicial y periódica del personal permite asegurar que el levantamiento del estado de la red hidráulica de agua potable se realice en forma correcta, así como los trabajos de rehabilitación de tubería.

Adicionalmente a esto se tiene un coordinador de campo, cuya función es realizar recorridos de campo diarios con la finalidad de evaluar al personal de las brigadas, revisando equipo, imagen institucional, rendimientos y cualquier otro tipo de problemas que sea necesario resolver para mantener una óptima calidad de los trabajos desarrollados.

El papel que juega la Supervisión por parte del Sistema de Aguas de la Ciudad de México en cuanto a este punto se refiere es fundamental, ya que son los encargados de certificar la calidad en cada uno de los trabajos desarrollados.

### ***Acciones de Coordinación con Otras Dependencias***

Estas acciones se encaminaron hacia dos objetivos, primeramente para avisar a la comunidad y dependencias sobre los trabajos a efectuar y su impacto, y como segundo el que las dependencias que utilizan instalaciones subterráneas estuvieran concientes de los trabajos a efectuar, así como el posible impacto que estos pudieran tener en sus instalaciones.

Atención especial merecen las instalaciones de Teléfonos de México, ya que es la dependencia con mayor densidad de instalaciones en el subsuelo y que desde el punto de vista de incomunicación y costo de reparación es la que representa mayor problemática en el caso de ocasionarle algún daño. Dado que desgraciadamente sus instalaciones no están totalmente ubicadas en sus planos, es necesario que en cada colonia a rehabilitar se efectúen recorridos conjuntamente a fin de identificar, ubicar y señalar con precisión los sitios de interferencias para evitar daños a sus instalaciones. Generalmente esta información le ha servido a esta dependencia para actualizar sus planos por lo que el tiempo dedicada a esta actividad es mayor a la de una simple ubicación de la instalación.





Por otro lado, y dada la importancia de algunas de las avenidas en donde se trabaja, fue necesario coordinarse con la Secretaría de Transporte y Vialidad a fin de que su personal de sector auxiliara en algunas labores de vialidad y utilización temporal de espacios.

Durante la rehabilitación y debido a que todas las tomas se cortan (regularizadas y clandestinas), existe una labor de coordinación a fin de auxiliar a los usuarios que requieren regularizar su situación o deseen una nueva toma, apoyándolos a través del Centro de Atención Telefónica del Sistema de Aguas de la Ciudad de México para que efectúen sus tramites y pueda instalarse la toma cumpliendo con los lineamientos que se marcan.

### *Estadísticas*

#### *Información de los Trabajos Ejecutados*

En términos generales, a continuación mencionamos las principales cifras relacionadas a la ejecución de estos trabajos en las 10 Colonias.

#### **METAS CONTRATADAS Y EJECUTADAS**

##### Rehabilitación de red

CONCEPTO	UNIDAD	VOL. INICIAL	VOL. FINAL	DIFERENCIA
De 4" de diámetro	M	33,684.40	31,522.44	2,161.96
De 6" de diámetro	M	9,215.60	8,286.33	3,091.23
De 12" de diámetro	M	500.00	631.30	-131.30
TOTAL		43,400.00	40,440.07	0.00

##### Sustitución de Ramales

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Diámetro de 19 mm.	Ramal	4,900

##### Sustitución de Válvulas

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Diámetro de 4"	pieza	134
Diámetro de 6"	pieza	46
Diámetro de 12"	pieza	2
TOTAL		182

El total de la longitud de red programada a rehabilitar es de 43,400 m.

En todas las colonias se rehabilitaron 40,440.07 m. que representan el 93.18% del total de red programada en este anexo.

La sustitución de ramales totales programados es de 5,215 de los cuales en estas colonias se sustituyeron 4,900 tomas, que representan el 93.96% del total programado en su anexo correspondiente.

En la sustitución de válvulas el total programado es de 143 válvulas, teniendo en estas colonias 182 válvulas en total de las cuales 134 de 4", 46 de 6" y 2 de 12" de diámetro las cuales representan el 127% del total programado en el anexo correspondiente.



## AVANCES FÍSICOS Y FINANCIEROS

Los avances en estas colonias, fueron en términos generales aceptables existiendo una desviación menor respecto de lo programado inicialmente.

De acuerdo al programa inicial, en las colonias se programaron 43,400 metros de red a rehabilitar de 4", 6" y 12" de diámetro, para un monto de \$19,108,013.00 a ser ejecutado en un periodo de 16 semanas.

Los avances reales que se presentaron en la mencionada colonia, fueron de los 40,440.07 metros de rehabilitación para un monto de \$ 18,231,012.43, ejecutándose estos en las 16 semanas programadas.

De acuerdo a lo anterior, se observa que la meta física programada fue realizada al 93.18% en la longitud de red rehabilitada.

Por otro lado la meta financiera programada de \$19,108,013.00 se vio disminuida en un 4.59% al ejecutarse únicamente \$18,231,012.43 debiéndose básicamente a que la estimación de volúmenes y costo por metro rehabilitado considerados inicialmente en la elaboración del presupuesto general se excedió respecto de la realidad presentada.

Lo anterior dependía del número de frentes de trabajo y su producción y de las características propias de las calles, tales como material a excavar en terreno rocoso, en algunas de ellas existía bastante relleno de piedra volcánica, interferencias de tráfico peatonal y vehicular, interferencias de instalaciones, tales como ductos telefónicos, etc.

### ***EVALUACIÓN DE AGUA RECUPERADA***

Sin duda alguna la problemática de falta de agua, cada vez se agudiza más, por lo que es responsabilidad de los diferentes organismos operadores, el evitar al máximo la pérdida y el desperdicio de la misma, lo cual se logra mediante programas continuos de rehabilitación de la red, los que ayudan además a que las condiciones de operación sean mejores en términos de presión, continuidad en el servicio, etc.

De acuerdo a estadísticas y a los aforos que durante la reparación de fugas se realizaron, se tienen los siguientes gastos por fuga.

En red 0.12 litros / seg.

En ramal 0.007 litros / seg.

El índice de fuga en la red se considera de 1 fuga por kilómetro de red secundaria.

Se considera que el promedio de tomas por kilómetro sustituidas es de 4900 tomas entre 40,440.07 kilómetros de red, resultando 8.25 tomas / Km. y también que aproximadamente 25 de estas tienen fugas dando un porcentaje del 3.03%



Con el programa de rehabilitación de redes y ramales y considerando las hipótesis antes descritas, se estima que se han recuperado los siguientes caudales:

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RECUPERACIÓN (litros/seg)
Por la rehabilitación de red			
hipótesis:			
Longitud	Km	40,440.07	
Caudal promedio de fuga	l/seg/fuga	0.12	
Índice de fuga	fuga/km	1.00	
Caudal recuperado:			
$40,440.07 \times 0.12 \times 1.0 =$			4.852



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

*Barrera doble:* Consiste en dos placas horizontales de 1.22 ó 2.44 m. de longitud x 0.2 m. de altura pintadas en franjas de colores alternados, naranja y blanco mate de 10 cm. de ancho, colocadas en postes firmemente hincados cuando sean fijas para obras de larga duración, y sobre caballetes cuando sean portátiles en obras de poca duración.

*Brida de "pead":* Pieza especial de polietileno de alta densidad que sirve para hacer la transición de este material con el de las piezas especiales de fierro fundido, como cruz, te, etc.

*Cajeo:* Pequeña excavación a mano de 7.5 cm. de espesor por el ancho y largo que tenga cada ventana que requiera ser asfaltada.

*Conexión a tope:* Efecto de juntar ambos extremos de dos tuberías de polietileno aplicando termofusión hasta formar un doble labio.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RECUPERACIÓN (litros/seg)
<b>Por sustitución de ramales</b>			
<b>hipótesis:</b>			
No. de ramales	Ramales	<b>4900</b>	
Caudal promedio de fuga	lt/seg/fuga	<b>0.007</b>	
Índice de fuga	fuga/km	<b>25.00</b>	
Índice de ramales	ramales/km	<b>8</b>	
<b>Caudal recuperado:</b>			
(8/25) x4 900 x.007 =			<b>.01097</b>

**Total caudal recuperado en la colonia**

**4.86297 litros/seg**

**4,86297 LPS**

86,400 Seg/día

420,160.6 LPD

420.160 M<sup>3</sup>/día

\$10.00 <sup>(1)</sup> suponiendo un costo/m<sup>3</sup>

\$4201.609/día

**INVERSION RECUPERADA**

**\$126,048. /mes**

(1) SE ESTIMO UN COSTO DE ENTREGA DE AGUA DE \$10.00/ M3, EL CUAL ES DIFERENTE AL DE COBRO AL USUARIO DEBIDO A LOS SUBSIDIOS QUE SE TIENEN.







*Conexión tipo socket:* Efecto de insertar dos tuberías o piezas de polietileno en forma hembra-macho aplicando termofusión.

*Contrabrida:* Aro de fierro con orificios a su alrededor colocado junto con la brida para llevar a cabo la unión o ligue con tornillos, por los orificios de esta, y la pieza especial o válvula de seccionamiento según sea el caso.

*Cuadro:* Es la parte del sistema de abastecimiento de agua colocado regularmente a la entrada del predio o domicilio del usuario y que consta de: tubo de cobre tipo "m", codo de 90° , válvula macho de bronce de ¼ de vuelta, medidor de agua, llave de globo de bronce, rosca hembra, te de cobre, llave "nariz" de bronce para mangueras de rosca exterior, codo de cobre de 90°. Las medidas dependen del diámetro del cuadro.

*Desfogue:* Proceso en el cual el agua es liberada principalmente por las válvulas de desfogue las cuales se encuentran en las cajas de válvulas, ya sea, para realizar un trabajo específico en la red o como hidrante.

*Indicador de obstáculo:* Placa rectangular de 90 x 20 cm. con franjas alternadas en color naranja reflejante y negro mate de 10 cm. de espesor. Están colocadas verticalmente sobre postes metálicos y una base del mismo material o ahogados en concreto.

*Lanzamiento:* Proceso inicial en que la tubería de polietileno está lista para ser introducida por la tubería existente.

*Pead:* Polietileno de alta densidad.

*Ramal:* Conjunto de piezas en que se divide una toma, iniciando con el acoplamiento en la red de distribución concluyendo en el vertical del cuadro del medidor en la unión con la válvula macho.

*Red de distribución:* Conjunto de tuberías alojadas subterráneamente en las calles de las localidades, mediante las cuales se suministra el agua potable a los domicilios de zona en servicio.

*Reventamiento:* Proceso en que la tubería existente es quebrada o reventada por la cuchilla del equipo hidráulico al momento de estar introduciendo la tubería nueva.

*Seccionamiento:* Llevar a cabo el corte o interrupción del suministro de agua en la parte de la red que va a ser rehabilitada.

*Sectorizar:* Control de la distribución del agua, dividiendo o independizando la red en sectores, por medio de válvulas o realizando las menores conexiones requeridas en redes primarias o secundarias.

*Silleta:* Pieza de polietileno en forma de te que sirve para realizar la bifurcación en la tubería de red secundaria y obtener los ramales para las tomas domiciliarias.



*Stub-end:* Pieza de interconexión entre la tubería salida de la ventana de recepción y la pieza especial o válvula. Conformada por un tramo de tubería de polietileno y la brida del mismo material previamente termofusionadas.

*Tandeo:* Abastecimiento horario de agua hacia los domicilios o predios fijado previamente.

*Termofusión:* Consiste en unir los extremos de dos tuberías o plásticos por medio de la excitación de moléculas con la aplicación de calor controlado y durante un tiempo determinado para unirlos con cierta presión hasta fundirse y formar una misma pieza. Las paredes de polietileno a unir tienen una orientación molecular lineal, después del proceso de termofusión, las moléculas se conforman en una orientación axial que la hace aún más sólida.

*Toma domiciliaria:* Es la parte del sistema de abastecimiento por medio del cual el usuario dispone de agua en su propio predio y tiene un diámetro mínimo de 19 mm.

*Ventanas:* Son las excavaciones o cepas llevadas a cabo para asimismo realizar los trabajos de rehabilitación de tuberías de polietileno por introdeslizamiento, sin zanja.

*Vertical del cuadro:* Es el tubo rígido de cobre tipo "M", y va del codo inferior del mismo cuadro hasta la válvula macho de  $\frac{1}{4}$  de vuelta.

### ***INFORMACIÓN DE APOYO***

Para llevar a buen término estos trabajos, de manera enunciativa y no limitativa, se utilizaron entre otros la siguiente información:

- a) Planos catastrales de la red hidráulica digitalizados.- Se utilizó la planimetría generada anteriormente. (Esta planimetría se elaboró en la primera etapa del proyecto durante el levantamiento del catastro de redes)
- b) Infraestructura primaria proporcionada por la Comisión de Aguas del Distrito Federal consiste en planos de red primaria de agua y drenaje a escala 1:2,000 y elaborados para la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H.)
- c) Estadísticas de fugas de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), de las delegaciones políticas.
- d) Información de instalaciones subterráneas de las dependencias involucradas que accedieron a proporcionarla o generarla conjuntamente en las diferentes colonias a rehabilitar, tales como Telmex, Luz y Fuerza del Centro, Gas Natural de México, etc.





## BIBLIOGRAFÍA

- Especificación técnica para la sustitución e instalación de redes de distribución con tuberías de polietileno de alta densidad. S.A.C.MEX, SEMARNAP.
- Supervisión de la rehabilitación de redes de distribución de agua potable. Gobierno del Distrito Federal, Secretaria de obras y servicios, Comisión de Aguas del Distrito Federal.
- Comisión Federal de Electricidad, Manual de diseño de obras civiles, Hidrotecnia, conducciones a presión, C.F.E., México, 1981.
- Pedro López Alegría, Abastecimiento de agua potable y disposición y eliminación de excretas. Editorial I.P.N., México, 1994.

## HEMEROGRAFÍA

- Boletín informativo, Asim-Tecsa. México, 2002
- Trac-tuell, Sistemas de instalación y renovación de tuberías sin zanjas de Tracto-Technik. México, 1997.
- Grund G Mex, Boletín informativo. México.
- Extrupak, Manual técnico de tuberías de polietileno. México.



## INDICE FIGURAS

FIGURA 1.1	Abastecimiento de agua (pozos)-----	pág. 20
FIGURA 1.2	Estados físicos del agua -----	pág. 22
FIGURA 1.3	Composición del agua en el cuerpo humano-----	pág. 23
FIGURA 1.4	Ciclo del agua -----	pág. 24
FIGURA 2.1	Distribución de la calidad del agua -----	pág. 32
FIGURA 2.2	Tratamiento de Aguas Residuales-----	pág. 42
FIGURA 3.1	Zonificación del Valle de México-----	pág. 49
FIGURA 3.2	Zonificación Delegación Iztapalapa-----	pág. 50
FIGURA 3.3	Localización de Iztapalapa-----	pág. 51
FIGURA 4.1	Tubos de polietileno de alta densidad -----	pág. 68
FIGURA 6.1	Malacate Hidráulico ó Winche -----	pág. 114
FIGURA 6.2	Esquema de pistón-----	pág. 114
FIGURA 6.3	Topo y cople ó buje -----	pág. 115
FIGURA 6.4	Esquema de rehabilitación -----	pág. 116
FIGURA 6.5	Golpeteo de martillo en tubería de asbesto - cemento -----	pág. 116
FIGURA 6.6	Proceso de sustitución de tubería -----	pág. 116





## INDICE TABLA, DIAGRAMAS y GRAFICAS

TABLA I-I	Comportamiento e intercambio de agua -----	pág. 26
TABLA I-II	Duración de agua en el planeta-----	pág. 27
TABLA II-I	Agua virtual en productos-----	pág. 29
GRAFICA II-II	Mortalidad por enfermedades diarreicas en menores -----	pág. 38
TABLA II-III	Composición de Aguas Residuales -----	pág. 41
TABLA III-I	Población en el Distrito Federal -----	pág. 52
TABLA III-II	Población total por sexo-----	pág. 53
DIAGR IV-I	Diagrama de flujo -----	pág. 69
DIAGR IV-II	Diagrama vida útil del tubo-----	pág. 70
TABLA IV-III	Presión máxima de trabajo -----	pág. 73
TABLA IV-IV	Presión de reventamiento-----	pág. 73
TABLA IV-V	Valores de "C" para la formula de Hanzen Williams -----	pág. 75
TABLA IV-VI	Coficiente de rugosidad-----	pág. 77
DIAGR V-I	Diagrama actividades de rehabilitación -----	pág. 81
TABLA V-II	Dimensión de zanjas para sustitución de tubería de polietileno -----	pág. 94
TABLA V-III	Presión de fusión termofusionadora Mc Elroy 412 -----	pág. 97
TABLA V-IV	Tiempo de calentamiento -----	pág. 99
TABLA V-V	Material fundido permisible en termofusión de tubos pead -----	pág. 100
TABLA VI-I	Datos técnicos de "topos" utilizados en rehabilitación de redes -----	pág. 117
TABLA VI-II	Datos técnicos de "topos" para sustitución de ramales -----	pág. 118
TABLA VI-III	Dimensiones de atraques de concreto para piezas especiales de fierro fundido -----	pág. 124





## INDICE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFIA No 1	Rio contaminado -----	pág. 30
FOTOGRAFIA No 2	Abastecimiento de agua potable por medio de pipas -----	pág. 57
FOTOGRAFIA No 3	Tanques pipa -----	pág. 57
FOTOGRAFIA No 4	Tarea escolar: llevar una cubeta con agua -----	pág. 58
FOTOGRAFIA No 5	Agua sucia en una de las llaves -----	pág. 60
FOTOGRAFIA No 6	Protesta vecinal por la calidad de agua que les abastecen	pág. 62
FOTOGRAFIA No 7	Acarreo de agua por menores de edad -----	pág. 64
FOTOGRAFIA No 8	Protesta por falta del vital liquido -----	pág. 64
FOTOGRAFIA No 9	Ductos de fibra óptica -----	pág. 79
FOTOGRAFIA No 10	Ductos de telefonía -----	pág. 80
FOTOGRAFIA No 11	Fibra óptica -----	pág. 80
FOTOGRAFIA No 12	Colocación de manta informativa -----	pág. 88
FOTOGRAFIA No 13	Señalización en ventanas de banquetas y arroyo -----	pág. 90
FOTOGRAFIA No 14	Señalización en ventanas de lanzamiento -----	pág. 90
FOTOGRAFIA No 15	Trazo de ejes en red y ramales -----	pág. 91
FOTOGRAFIA No 16	Trazo en ventana de banqueta -----	pág. 91
FOTOGRAFIA No 17	Trazo en ventana de arroyo -----	pág. 91
FOTOGRAFIA No 18	Excavación para verificar instalaciones subterráneas -----	pág. 92
FOTOGRAFIA No 19	Corte de pavimento en ventana de arroyo -----	pág. 93
FOTOGRAFIA No 20	Demolición en ventanas de banqueta -----	pág. 94
FOTOGRAFIA No 21	Demolición en ventanas de arroyo -----	pág. 94
FOTOGRAFIA No 22	Excavación a maquina en arroyo -----	pág. 95
FOTOGRAFIA No 23	Excavación manual en ventana -----	pág. 95
FOTOGRAFIA No 24	Excavación a maquina en ventana de lanzamiento -----	pág. 96
FOTOGRAFIA No 25	Colocación de placas para paso peatonal y vehicular -----	pág. 96
FOTOGRAFIA No 26	Carro alineador hidráulico Mc Elroy -----	pág. 98
FOTOGRAFIA No 27	Carro alineador hidráulico -----	pág. 98
FOTOGRAFIA No 28	Carro alineador manual -----	pág. 98
FOTOGRAFIA No 29	Escuadrador o careador -----	pág. 99
FOTOGRAFIA No 30	Careador o plancha para pead -----	pág. 99
FOTOGRAFIA No 31	Colocación de careador -----	pág. 101
FOTOGRAFIA No 32	Colocación de calentador -----	pág. 101
FOTOGRAFIA No 33	Unión manual de tubería -----	pág. 101
FOTOGRAFIA No 34	Formación de doble labio -----	pág. 101
FOTOGRAFIA No 35	Prueba hidrostática -----	pág. 104





FOTOGRAFIA No 36	Desinfección de tubería -----	pág. 104
FOTOGRAFIA No 37	Caja de válvulas descubierta bajo asfalto -----	pág. 105
FOTOGRAFIA No 38	Demolición de muro -----	pág. 106
FOTOGRAFIA No 39	Cierre de válvulas -----	pág. 106
FOTOGRAFIA No 40	Seccionamiento con abrazaderas -----	pág. 107
FOTOGRAFIA No 41	Seccionamiento en cruz con tapa ciega -----	pág. 107
FOTOGRAFIA No 42	Bombeo de achique en ventana de lanzamiento -----	pág. 107
FOTOGRAFIA No 43	Condiciones de válvula existente -----	pág. 108
FOTOGRAFIA No 44	Condiciones de pieza especial existente -----	pág. 109
FOTOGRAFIA No 45	Expansor, amplificador de ruptura y navaja cortadora "V" --	pág. 110
FOTOGRAFIA No 46	Fuente de poder, unidad de impulso hidráulico, barras de acero y almacenaje -----	pág. 111
FOTOGRAFIA No 47	Colocación de unidad de impulso -----	pág. 112
FOTOGRAFIA No 48	Introducción de barras -----	pág. 112
FOTOGRAFIA No 49	Colocación de navaja y amplificador -----	pág. 112
FOTOGRAFIA No 50	Lanzamiento de tubería PEAD -----	pág. 112
FOTOGRAFIA No 51	Proceso de reventamiento y sustitución de tubería -----	pág. 112
FOTOGRAFIA No 52	Introducción de "Topo" -----	pág. 118
FOTOGRAFIA No 53	Salida de "Topo" -----	pág. 118
FOTOGRAFIA No 54	Introducción de tubería para ramal -----	pág. 119
FOTOGRAFIA No 55	Termofusión de sileta mecánica -----	pág. 120
FOTOGRAFIA No 56	Termofusión de sileta manual -----	pág. 120
FOTOGRAFIA No 57	Termofusión de tubería para ramal -----	pág. 120
FOTOGRAFIA No 58	Sileta y tubería termofusionada -----	pág. 121
FOTOGRAFIA No 59	Conexión a cuadro de medidor -----	pág. 122
FOTOGRAFIA No 60	Conexión sin vertical -----	pág. 122
FOTOGRAFIA No 61	Carga de Hidrobus -----	pág. 122
FOTOGRAFIA No 62	Maniobra de la grúa en obra -----	pág. 122
FOTOGRAFIA No 63	Sustitución de válvula -----	pág. 123
FOTOGRAFIA No 64	Sustitución de cruz de fofo -----	pág. 123
FOTOGRAFIA No 65	Unión bridada intermedia -----	pág. 123
FOTOGRAFIA No 66	Conexión a codo de fofo -----	pág. 123
FOTOGRAFIA No 67	Colocación de atraque en "T" de fofo -----	pág. 124
FOTOGRAFIA No 68	Reparación de muro -----	pág. 125
FOTOGRAFIA No 69	Aplanado de muro -----	pág. 125
FOTOGRAFIA No 70	Reparación de descargas domiciliarias aguas negras -----	pág. 125





FOTOGRAFIA No 71	Relleno y compactación en ventana -----	pág. 126
FOTOGRAFIA No 72	Compactación de arroyo vehicular-----	pág. 126
FOTOGRAFIA No 73	Colocación concreto hidráulico en ventana d' banqueteta ---	pág. 127
FOTOGRAFIA No 74	Barrido fino de la obra -----	pág. 128
FOTOGRAFIA No 75	Cajeo en ventana de lanzamiento -----	pág. 128
FOTOGRAFIA No 76	Riego de liga -----	pág. 129
FOTOGRAFIA No 77	Rastrilleo de mezcla asfáltica -----	pág. 129
FOTOGRAFIA No 78	Compactación de mezcla asfáltica -----	pág. 130

