

01167

7
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"LA CONSERVACION EN LA FUNCIONALIDAD DE LOS SISTEMAS
PRODUCTIVOS: SISTEMA DE AGUA POTABLE DE GUADALAJARA"

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
INGENIERIA (PLANEACION)

Presenta:

JAIME FRANCISCO GOMEZ VEGA
No. Cuenta 6907239-6
No. Expediente 39238

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

INDICE

1.INTRODUCCIÓN	1
2.MARCO DE REFERENCIA	4
2.1.Localización	4
2.2.Datos meteorológicos	4
2.3.Edafología	4
2.4.Demografía	5
2.5.Equipamiento urbano	6
2.6.Transporte y comunicaciones	7
3.DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	8
3.1.Fuentes de abastecimiento	8
3.2.Macromedición	10
3.3.Conducción	10
3.4.Regulación	12
3.5.Distribución	12
3.6.Cobertura del servicio	13
3.7.Padrón de usuarios	13
3.8.Micromedición	14
3.9.Facturación y cobro	14
3.10.Control de fugas	15
4.METODOLOGÍA DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	16
4.1.Tomas domiciliarias	16
4.2.Obtención de gastos perdidos por fugas	21
4.3.Revisión del tamaño de la muestra	22
5.EVALUACIÓN DE FUGAS EN LA RED	24
5.1.Trabajos preliminares	24
5.2.Trabajos de campo	29
5.3.Medición global del consumo	30
6.PRUEBAS DE CORROSIVIDAD	37
7.MICROMEDICIÓN	40
7.1.Trabajos preliminares	40
7.2.Desarrollo de trabajos de campo	41
8.ANÁLISIS GLOBAL DE PÉRDIDAS	47
8.1.Análisis global	47
9.RECOMENDACIONES, PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES	51
9.1.Recomendaciones y planteamiento de soluciones	51
9.2.Método de sustitución de tomas domiciliarias	53
9.3.Micromedición	55
9.4.Redes de distribución	58
9.5.Fugas en otros sistemas	60
10.CONCLUSIONES	62
10.1.1.En cuanto a las tomas domiciliarias	62
10.1.2.Con respecto a los distritos pitométricos	62
10.1.3.En cuanto a las pérdidas por fugas en red y tomas clandestinas	63
10.1.4.En cuanto a micromedición	64
10.1.5.En cuanto a la corrosividad del terreno	64
10.2.Impacto de la rehabilitación del sistema de diferimiento de inversiones	65
10.2.1.Análisis de alternativas en la cuenca del río Verde	65
10.2.2.Selección de la alternativa más conveniente	66
10.2.3.Análisis de las alternativas del río Verde, descontando la inversión ya realizada de la presa El Salto	67
10.2.4.Alternativa de abastecimiento con aguas subterráneas	68
10.3.2.Programa de recuperación de caudales	69
BIBLIOGRAFÍA	72

1. INTRODUCCION

Con relación a los sistemas productivos, es conveniente analizar la viabilidad de renovación ó conservación del sistema productivo bajo estudio, antes de proceder a la manufactura o adquisición de un sistema nuevo, que substituya o complemente al anterior, si de este análisis no resulta la viabilidad para la renovación o la conservación, entonces y solo entonces se deberá optar por la adquisición o la manufactura del nuevo sistema.

Cuando el sistema productivo se encuentra en el status de operatividad defectuosa debido a "enfermedades" producidas por su edad o por la mala operación a que estuvo sujeto, en ese momento el sistema deberá someterse a correctivos los cuales si son aplicados a tiempo permiten el funcionamiento del sistema de manera adecuada, proporcionando niveles de servicio superiores a la media.

Como resultado del análisis antes referido se llega generalmente a la conclusión de que es necesario establecer, prioritariamente, políticas de mantenimiento de los sistemas productivos, mismas que se deberán basar en programas adecuados, tanto de diagnóstico y detección de posibles infuncionalidades, como de mantenimiento preventivo y correctivo; así se puede concluir que si un mantenimiento correctivo es realizado a tiempo, antes del colapso y como resultado del sistema de detección y diagnóstico, los sistemas no sufren deterioros mayores y por lo tanto, los costos inherentes a mantenerlos en condiciones de funcionalidad adecuada son menores que aquellos que son generados por repararlos en situaciones de colapso.

Con la anterior filosofía, se procedió al análisis del Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado(SIAPA) de la Zona Metropolitana de Guadalajara(ZMG), al hacer un balance(agua proporcionada menos agua facturada), se detectó que la cantidad de agua que se suministraba era casi el doble que la cantidad facturada, en este contexto se pudo apreciar, después de estimar la cantidad del agua consumida en las tomas clandestinas, que las fugas resultaban un problema que debería resolverse, para lo cual y después de analizar diversas posibilidades, se utilizó la metodología de evaluación de pérdidas propuesta por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA)¹, misma que se ilustra a continuación y que ha sido debidamente probada y evaluada por la Comisión Nacional del agua.

Se estableció además una política de sustitución de tuberías, con base en la edad de las mismas, en las características del terreno y en el porcentaje de fugas detectadas, se propuso una técnica de sustitución y se llegó a la conclusión de que corrigiendo el problema de las fugas existentes, hasta el punto en que el costo de la reparación sea inferior al de producción del agua, la planeación de un nuevo abastecimiento se podría diferir alrededor de 5 años y por consiguiente, el costo disminuiría y la inversión real requerida sería menor que la necesaria para satisfacer a cualquier otra alternativa de abastecimiento.

¹Control de fugas en sistemas de distribución, Libro II, Segunda sección, Tema IV, Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. IMTA, CNA.

METODOLOGIA

Como se mencionó anteriormente , para elaborar este estudio sobre detección de fugas en La Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara, Jal.(ZMG), se siguió la metodología de evaluación de pérdidas del IMTA, cuyos objetivos incluyen:

1. Obtener el aforo de fugas y proporcionar la propuesta técnica para controlarlas.
2. Cuantificar la sub y sobremedición domiciliaria.
3. Determinar los consumos de la población de acuerdo a los diferentes estratos sociales.
4. Encontrar las causas que originan las fugas.
5. Hacer la cuantificación del gasto perdido debido a fugas en tomas domiciliarias y en red.

Esta metodología se basa principalmente en la evaluación de sectores representativos de cada zona socioeconómica de la ciudad, dividida de acuerdo con las características municipales en zonas catastrales en donde se aplicarían los muestreos de: inspecciones de probables fugas, aforo de fugas y verificación de micromedidores; por otra parte, en los denominados "Distritos Pitométricos"(DPs), que son áreas de la red de distribución que pueden ser aisladas y controlar sus flujos de entrada en un sólo punto, se efectúan mediciones a través de las cuales se puede hacer el balance de agua dentro de los mismos; todo lo anterior, se apoya con los datos históricos del sistema, relacionados con sus estadísticas de consumos, macromedición, micromedición y funcionamiento hidráulico.

En términos generales, la metodología para detectar y controlar las pérdidas de agua en el sistema de abastecimiento consiste en un proceso que puede ser retroalimentado. El cual comprende las partes que se muestran en la lámina 1.1.

Información básica

La integración de datos existentes en las diversas Gerencias del SIAPA, permitió definir la estrategia a seguir en la aplicación de la metodología mencionada.

La información existente en los archivos del Sistema, complementada con planos, croquis o esquemas de las redes, fué validada con recorridos de campo por personal del Organismo y la coordinación del trabajo.

Evaluación de la situación actual.

Se procedió posteriormente a analizar las estadísticas de ocurrencia y reparación de fugas que se tenían disponibles en el Organismo Operador, para así poder tener una evaluación preliminar de la situación actual con respecto a la ocurrencia de fugas de agua potable, tendencias de reparación e índices y patrones de falla.

METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE PERDIDAS

INFORMACION DE PARTIDA

- ACTUALIZACION DE PLANOS
- MACROMEDICION
- FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO
- MICROMEDICION
- SECTOR PILOTO
- AFORO DE TOMAS DOMICILIARIAS

I

EVALUACION DE SITUACION ACTUAL.

- SUB Y SOBREMEDICION
- TENDENCIA DE OCURRENCIA
- INDICES DE FUGA
- PATRONES DE OCURRENCIA
- TENDENCIAS DE REPARACION
- CUANTIFICACION DE FUGAS ACTUAL

I

DETECCION Y LOCALIZACION DE FUGAS

- DISTRITOS PITOMETRICOS
- EQUIPOS DETECTORES
- PRESION DIFERENCIAL

I

REPARACION DE FUGAS

- POLITICA DE PRIORIDADES
- PLAN DE EMERGENCIA
- PLAN A LARGO PLAZO
- TECNICAS DE REPARACION

I

CONTROL PERMANENTE

- PERSONAL
- ADMINISTRATIVO
- ORGANIZACION

ADQUISICION, VERIFICACION, INSTALACION Y SUSTITUCION DE MICROMEDIDORES

- PROGRAMA DE ADQUISICION E INSTALACION
- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

LAMINA 1

Verificación, instalación y sustitución de micromedidores

Se efectuó paralelamente con la evaluación de la situación actual, estableciéndose un programa para verificar in-situ la exactitud de medición de éstos, determinando el rango de funcionamiento en el cual trabajan y el gasto submedido y sobremedido; para después extrapolarlos a todas las zonas catastrales y determinar este valor a nivel de toda la Zona Metropolitana. Y así mismo, implantar un programa de mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos, para con esto obtener la mínima submedición y sobremedición en los volúmenes facturados.

Detección, localización y reparación de fugas.

En esta etapa se utilizó la técnica de presiones diferenciales para detectar y localizar las fugas.

Se efectuó el aforo y encuesta de las características de la toma domiciliaria con fuga, para poder con esto, hacer una evaluación del gasto que se pierde por este concepto y determinar, con las encuestas, la problemática principal que se tienen en las condiciones físicas de las tomas domiciliarias con fuga.

Por otro lado, para efectuar la evaluación de los consumos reales en cada zona socioeconómica, se instalaron 30 micromedidores nuevos dentro de cada Distrito Pitométrico, tomando una lectura semanal y censando las viviendas de cada uno de éstos.

Se determinó el gasto que se le suministra a cada Distrito Pitométrico, aislándolo por medio de cierre de válvulas limítrofes e instalación de obstrucciones de láminas en las válvulas ("comales"), para de esta manera tener una sola entrada de alimentación en el distrito, en la cual se instala el equipo de pitometría para conocer el gasto que pasa por esta línea.

Implantación y control de pérdidas permanente.

Con la capacitación del personal que efectúa las actividades de campo, se les puede solicitar el reporte del desarrollo y avances de éstas, a las gerencias correspondientes, metodología que se recomienda sea implantada permanentemente, hasta lograr que las pérdidas de agua sean menores a un porcentaje, para el cual se consideren mínimas dado que se llega a los límites de rentabilidad.

En los capítulos siguientes se describe el desarrollo, los resultados y comentarios que se obtuvieron al aplicar la metodología en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Guadalajara, Jal. y cómo se efectuaron los muestreos correspondientes, con el objetivo de evaluar las pérdidas en el sistema de agua potable.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Localización

El estado de Jalisco se encuentra ubicado entre los 18° 54' y los 22° 42' de latitud norte y entre los 101° 31' y los 105°42' de longitud oeste, colinda al norte con Aguascalientes y Zacatecas, al sur con Colima y el Océano Pacífico, al este con Guanajuato y Michoacán y al oeste con el Océano Pacífico, en el plano 1 que se encuentra en el anexo A, se ilustra la localización de la ZMG.

La ZMG se localiza en los 20° 39' de latitud norte y 103° 18' de longitud oeste, con una altitud de 1,550 metros sobre el nivel medio del mar, la capital del Estado es el Municipio de Guadalajara que conjuntamente con los Municipios de Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá la constituyen.

2.2. Datos meteorológicos.

De acuerdo a la clasificación de W. Köppen, modificada por E. García (1973), la ZMG presenta un clima semicálido-subhúmedo con lluvias en verano.

La temperatura media anual que prevalece en la zona es de 19.3°C, presentándose temperaturas máximas de 38°C, principalmente en los meses de mayo y junio, mientras que las temperaturas mínimas son de 7.8°C, registrándose al final e inicio del año.

La precipitación media anual es de 880 mm, la temporada de lluvias se presenta de junio a octubre.

En la lámina 2.1, se presentan los promedios de temperaturas y precipitaciones mensuales, respectivamente, ocurridas en los últimos doce años.

2.3. Edafología

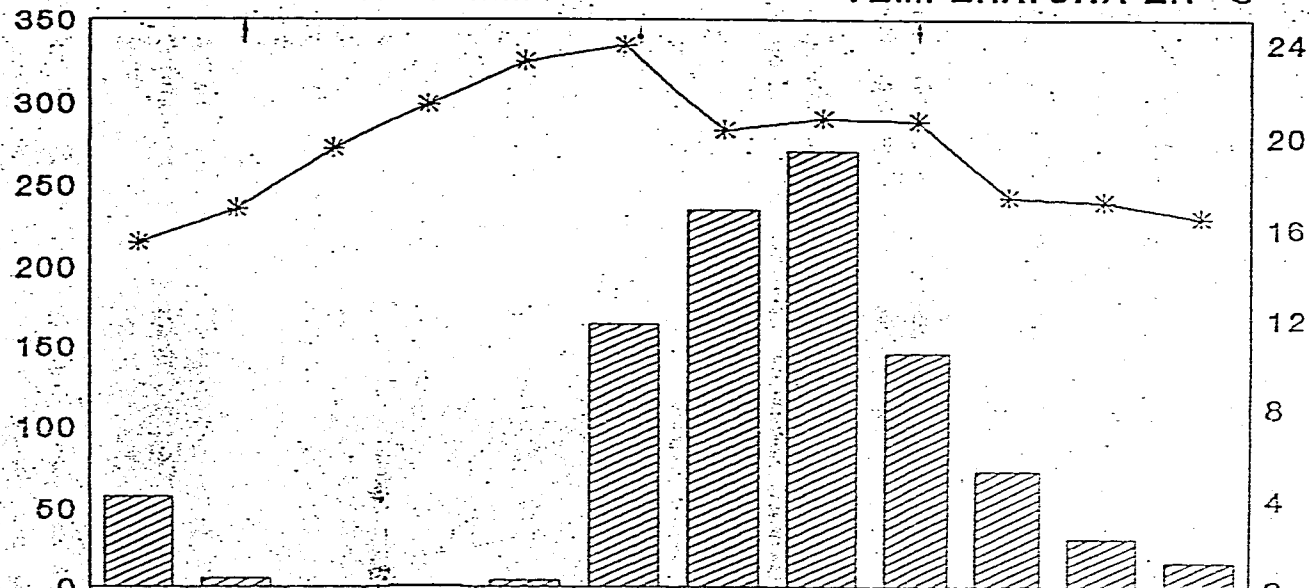
El estado de Jalisco encierra áreas que corresponden a cuatro provincias fisiográficas de México: la provincia del Eje Neovolcánico que integra el corazón mismo del Estado; la Mesa Central y la Sierra Madre Occidental que ocupan las regiones más septentrionales del Estado y la Sierra Madre del Sur en el occidente.



La Subprovincia Guadalajara que forma parte de la Provincia del Eje Neovolcánico queda toda dentro del Estado de Jalisco, ocupando el 3.73% de la superficie total Estatal,(2,943 km²). Cubre los municipios de El Arenal, Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá entre otros.

VARIACION DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL GUADALAJARA, JAL.

PRECIPITACION EN mm

TEMPERATURA EN °C



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
mm. 	56.9	5.5	0	1.3	4.1	163.9	234.2	270.1	145.2	71.8	31.1	15.9
°C 	15.3	16.8	19.4	21.3	23.1	23.8	20.2	20.7	20.6	17.3	17.1	16.4

MES

La Subprovincia se caracteriza por las notables manifestaciones de vulcanismo explosivo, que data de tiempos relativamente recientes y cuyas huellas se observan justamente en la región de la ciudad de Guadalajara.

A pesar de ser una Subprovincia pequeña es la menos uniforme, teniendo una gran complejidad en su panorama fisiográfico, en la que se encuentran sistemas tan distintos como sierras, mesetas, lomeríos y llanos; sin embargo, en general su litología está constituida por rocas ígneas extrusivas ácidas, vidrios volcánicos (obsidiana) basaltos y nubes ardientes.

La topografía, el clima y la vegetación que se encuentra en esta Subprovincia determinan la presencia de ocho tipos de suelo, Faeozem háplico, Faeozem lúvico, Regosol eutricto, Cambisol eutricto, Luvisol crómico, Luvisol vértico, Vertisol pélico y Litosol; todo de origen residual y descansando sobre rocas ígneas. La distribución de los suelos predominantes se presenta de la siguiente manera: Faeozem háplico es el de mayor proporción dentro de la provincia, localizándose en las Mesetas y en la Sierra de Laderas Tendidas, sin que esto implique su ausencia en los demás sistemas de topoformas; su fertilidad depende de los tipos de suelos con que se encuentre asociado, así como de la topografía de la zona. El Regosol eutricto se encuentra principalmente en los sistemas de lomeríos, su fertilidad puede ser baja o moderada, utilizándose en el cultivo del maguey tequilero. Los litosoles, que son suelos someros de profundidad menor a 10 cm, se encuentran en todos los sistemas de sierras asociados con otros tipos de suelos.

2.4. Demografía.

2.4.1. Crecimiento Poblacional.

Debido a la importancia que tiene en el país por ser la segunda ciudad más grande y una de las de mayor auge económico, puesto que en ella se encuentran concentradas importantes industrias, empresas dedicadas al sector de servicios y un sector comercial muy dinámico, ha provocado que el crecimiento urbano se dé de manera acelerada, lo que origina la conurbanización de las localidades aledañas. La extensión de la ZMG abarca cuatro municipios y su población de acuerdo con los datos del censo de 1990 de INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), se muestra en el cuadro 2.1.

Asimismo se presentan en el cuadro 2.1, los datos de población de las ciudades respectivas

2.4.2. Índice de Hacinamiento.

Según los datos definitivos del censo de 1990 elaborados por INEGI, el Índice de Hacinamiento para la población registrada por municipio y por localidad, de acuerdo con el número de viviendas particulares habitadas y ocupantes en viviendas, se refleja en el cuadro 2.1.

CUADRO 2.1

DEMOGRAFIA GUADALAJARA 1990 (INEGI)

	POBLACION		I. DE HACINAMIENTO		TASAS DE CRECIMIENTO	
	MUNICIPIO	CIUDAD	MUNICIPIO	CIUDAD	1970/1980	1980/1990
GUADALAJARA	1'650,205	1'650,042	4.96	4.96	3.04	1.1
TLAQUEPAQUE	339,649	328,031	5.52	5.53	1.5	11.1
TONALA	168,555	151,190	5.29	5.28	7.7	12.4
ZAPOPAN	712,008	668,323	4.83	4.79	9.6	6.3
SUMA	2'870,417	2'797,586				

2.4.3. Población Actual.

De conformidad con los datos del censo de 1990 del INEGI, en la ZMG se tiene una población de 2,797,586 habitantes, y los resultados de los IX, X y XI Censos Generales de Población y Vivienda en la misma zona, nos muestran las tasas de crecimiento medio anual que se reflejan en el cuadro 2.1.

Si se considera el crecimiento natural de la población y la media de las tasas municipales de 1970 a 1990, se tiene una tasa de crecimiento de 3.87 %, lo que señala una población actual de 3,226,854 habitantes.

2.4.4. Características socioeconómicas de la población.

La estructura ocupacional de los tres sectores de la económica clásica se distribuye de la siguiente manera: Sector Primario con un 1.8%, Sector Secundario con 37.4% y el Sector Terciario con 60.8%, radica principalmente en la manufactura, con 38.2% y el comercio con 22.6%, siendo importante también la actividad agrícola la cual se basa en la producción de maíz, frijol, trigo, sorgo y alfalfa de igual manera existen otras fuentes de ingresos de menor escala como son: Industria minera, Artesanía y Ganadería.

La distribución por zonas socioeconómicas (residencial, media y popular) de la ZMG, se ilustran en el plano 3 del anexo A. La Zona Metropolitana esta dividida en cuatro sectores (Reforma, Hidalgo, Juárez y Libertad), que a su vez se dividen por zonas catastrales, las cuales se pueden observar en el plano 4 del mismo anexo.

2.4.5. Población económicamente activa

Según el INEGI, la población económicamente activa (PEA) la componen aquellas personas cuya edad fluctúa entre los 12 y los 65 años y que actualmente se encuentran ocupados desempeñando algún trabajo o que se encuentran desocupados solicitando empleo o porque temporalmente están impedidos o incapacitados.

En los censos arrojados del año de 1990 se encontró que 559,032 habitantes están económicamente activos en el municipio de Guadalajara, esto es el 33.9% de la población total de la Ciudad, en el municipio de Tlaquepaque la PEA es de 103,809 habitantes que representa el 30.6%, en Tonalá es de 49,468 habitantes correspondiéndole un 29.3% y en el municipio de Zapopan son 227,513 habitantes representando un 31.9%, mismos que se presentan en el cuadro 2.2.

2.5. Equipamiento urbano

Con respecto a la electrificación cuenta con un nivel de servicio del 93% y el alumbrado público tiene una cobertura del 90%.

CUADRO 2.2

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA

GUADALAJARA, JAL.

MUNICIPIO	P E A	
	No.	%
GUADALAJARA	559,032	33.9
TLAQUEPAQUE	103,809	30.6
TONALA	49,468	29.3
ZAPOPAN	227,513	31.9

Se estima que aproximadamente el 95% de las calles de la ciudad están pavimentadas, contando con diferentes tipos de pavimentos, entre los que destacan concreto hidráulico y asfáltico.

Existen todos los niveles de educación, y se cubre en forma global con un 90% de la demanda, siendo los de mayor nivel la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG), Universidad de Guadalajara (U de G), Tecnológico de Monterrey, Universidad Nacional del Valle de Atemajac (UNIVA), Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), entre otros.

En cuanto a los servicios de agua potable queda a cargo del Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), teniendo una cobertura del 92% con respecto a la población total. En cuanto al servicio de alcantarillado sanitario y pluvial cuentan con una cobertura del 90%.

2.6. Transporte y Comunicaciones

El transporte comprende el servicio de transporte terrestre, tanto ferroviario como automotor de carga y de pasajeros, así como el transporte aéreo prestado por empresas o por cuenta propia. Incluye los servicios de comunicaciones como son: correo, mensajería, telégrafo, teléfono, radiocomunicación, etc.

El transporte ferroviario contempla a los ferrocarriles, los trolebuses y el tren ligero.

En este rubro además se considera conveniente comentar que el sistema de transporte urbano es uno de los más modernos del país en virtud de que las unidades están equipadas con una computadora y un sistema de detección por satélite, con lo cual prácticamente se han evitado los asaltos a las unidades, se han disminuído los accidentes y se han minimizado los hurtos de gasolina y refacciones, la inversión original logró amortizarse en un lapso de un año.

3. DESCRIPCION DEL SISTEMA

3.1. FUENTES DE ABASTECIMIENTO

La ZMG cuenta con diversas fuentes de abastecimiento para poder atender las demandas de agua de la población.

Las principales fuentes de abastecimiento se ubican en el Lago de Chapala, Presa Calderón y las aguas subterráneas de las zonas de Tesistán, Toluquilla, Zapopan, Agua Azul, El Dean y Colomos.

3.1.1. Fuentes superficiales

El Lago de Chapala.-Es un vaso natural de gran tamaño, ubicado en el límite de los estados de Jalisco y Michoacán. Se encuentra situado entre los cauces de los ríos Lerma y Santiago, a 42 km de la Ciudad de Guadalajara. Su máximo almacenamiento es de 9,279 millones de metros cúbicos(Mm³) y el almacenamiento mínimo necesario para poder realizar el bombeo, equivale a una elevación de 92 m en el lago.

Las dimensiones físicas del Lago son de 77 km de longitud máxima, 15 km de ancho aproximado, 10 m de profundidad máxima y una área expuesta de 115,000 hectáreas.

El Lago de Chapala se alimenta de los escurrimientos de su propia cuenca y los del río Lerma, que nace en los manantiales de Almoloya en el Estado de México y su recorrido atraviesa los Estados de México, Guanajuato, Michoacán y Jalisco; sin embargo, debido a los aprovechamientos a lo largo de su recorrido, la aportación al Lago es mínima.

El área de aportación es de 44,737 km². El gasto máximo observado en el Río Lerma en la estación hidrométrica de Yurécuaro es de 1,452 m³/s. El escurrimiento medio anual es de 1,575 Mm³.

El volumen de aportación del Lago de Chapala para agua potable en el año de 1992 fue de 183.2 Mm³ con un gasto promedio de 5.8 m³/s, mientras que para 1993 al mes de Junio el volumen fue de 97.2 Mm³ con un gasto promedio de 6.2 m³/s.

Presa Calderón.- El río Calderón es afluente del río Santiago en el tramo comprendido entre el Lago de Chapala y su confluencia con el río Verde, la cuenca del río Calderón, hasta su confluencia con el río El Salto, tiene una área de captación de 710 km², con escurrimiento medio anual de 75.9 Mm³, los cuales se aprovechan parcialmente en el riego de aproximadamente 800 hectáreas, a partir de las presas La Joya y La Red.

La presa se ubica en un lugar llamado Calderón, aproximadamente 3 km, aguas arriba del puente del mismo nombre, situado en el cruce con la carretera federal Zapotlanejo -

Tepatitlán. Ahí se construyó la presa con una altura máxima de 37 m y capacidad útil de 78 Mm³. La inundación del vaso de la Presa Calderón cancela la operación de la zona por la presa La Red a partir del estiaje de 1990 - 1991. Esta última actúa como almacenamiento complementario a la presa Calderón, para regular los escurrimientos que alimentarán a Guadalajara. La presa La Joya se encuentra sobre un afluente del río Calderón, que confluye con estas, aguas abajo del sitio donde se ubica la cortina de la presa Calderón.

El volumen de aportación de la Presa Calderón para agua potable en el año de 1992 fue de 36.6 Mm³ con un gasto promedio de 1.17 m³/s, y para el mes de Junio del año 1993 fue de 20.99 Mm³ con un gasto promedio de 1.34 m³/s.

El punto de entrega del agua procedente de la presa Calderón está inmediato al poblado de San Gaspar de las Flores, al noreste de Guadalajara.

3.1.2. Fuentes subterráneas

El agua extraída del subsuelo en el año de 1992 contribuyó al abastecimiento de la ciudad con un 25% del total del suministro, el volumen total extraído fue de 74.9 Mm³ con un gasto promedio de 2.41 m³/s, para junio de 1993 el abastecimiento fue de un 24% y el volumen total extraído fue de 37.8 Mm³ que corresponde a un gasto promedio de 2.41 m³/s, y provienen de los sistemas de pozos en Tesistán, Toluquilla, Zapopan, Agua Azul, El Dean, Colomos y de varios pozos dentro de la ciudad.

Sistema Tesistán.- Forma parte de la zona acuífera Tesistán-Atemajac. En el año de 1992 se obtuvo un volumen de 36.2 Mm³ que corresponde a un gasto de 1.16 m³/s en promedio, y para junio de 1993 un volumen de 18.7 Mm³ con un gasto promedio equivalente a 1.2 m³/s a través de 35 pozos que normalmente están en funcionamiento.

Sistema Toluquilla.- En el Valle de Toluquilla existe un acuífero superficial que es aprovechado con fines agrícolas, pero existe un acuífero mas profundo que está separado por una capa de roca volcánica. Este acuífero se utilizó para extraer en 1992 un volumen de 18.0 Mm³ con un gasto promedio de 0.572 m³/s, y para junio de 1993 se obtuvo un volumen de 8.0 Mm³ con un gasto promedio de 0.513 m³/s, a través de 14 pozos que operan normalmente.

Sistema Agua Azul.- Este sistema que se ubica en el centro de la ciudad, sobre la calles de González Gallo, extrae agua de 4 pozos; de los cuales se obtiene un volumen de 0.72 Mm³ en 1992, para un gasto de 23 lps, para junio de 1993 se obtuvo un volumen de 0.94 Mm³ que corresponde a un gasto de 28.3 lps.

Sistema El Dean.- Es un pequeño sistema que consta de 3 pozos localizados en la zona Industrial, fraccionamiento Higuierillas y el Parque de la Liberación, los cuales trabajan alternadamente. El volumen abastecido en el año de 1992 fue 1.7 Mm³, con un gasto de 53.13 lps, para marzo de 1993 el volumen extraído fue de 0.23 Mm³, con un gasto de 29.8

lps.

Sistema Zapopan.- Este sistema se localiza en las colonias del Municipio de Zapopan, y atiende a las colonias de Tabachines, Santa Paula y la Estancia, el volumen producido en el año de 1992 fue de 6.9 Mm³, con un gasto de 215.5 lps, para junio de 1993 el volumen fue de 4.2 Mm³, con un gasto de 270.3 lps a través de 15 pozos que están conectados directamente a la red de distribución.

3.2. Macromedición

En el cuadro 3.1 se muestra el resumen de los volúmenes de agua producidos por cada una de las fuentes subterráneas y superficiales, desglosándose la información mensualmente durante todo el año de 1992, además se indican los volúmenes producidos por los sistemas de producción. Basándose en esta estadística se determina el gasto promedio producido durante 1992, el cual es de 9,885 lps. Y en el cuadro 3.2 se muestran las producciones para los primeros cinco meses del año 1993, obteniendo un gasto promedio producido para la ZMG de 9,885.18 lps, el cual se utiliza como base para realizar los cálculos generales del presente estudio.

3.3. Conducción

Acueducto Chapala-Guadalajara.- Se trata de un acueducto de tubería de concreto reforzado de 2.1 m de diámetro, que tiene su origen en el Lago de Chapala a la altura del poblado Santa Cruz de la Soledad, existe un canal de llamada, que es una obra de captación con características de 13 m de plantilla y longitud de 3,200 m, de los cuales 2,200 m se localizan dentro del lago. Dicho acueducto está diseñado para conducir un gasto de 7.5 m³/s.

Para conducir el gasto mencionado se cuenta con una planta de bombeo que consta de un cárcamo donde se alojan los 6 equipos de bombeo, de los cuales 5 están en operación y uno de reserva. Cada bomba tiene una capacidad de 1.5 m³/s para vencer una carga de 138 m.

Además se tiene un tanque de regulación con una capacidad de 33,000 m³, donde descargan las aguas del Lago de Chapala, el cual alimenta a la planta potabilizadora No. 1.

El Acueducto Calderón.- Este acueducto cuenta con una longitud de 31 km, parte de la presa Calderón y termina en la planta potabilizadora No.3 San Gaspar, la tubería es de lock-joint, con un diámetro de 1.83 m, gasto de diseño de 7 m³/s y actualmente está operando con un gasto de 1.34 m³/s.

El punto de entrega del agua procedente de la presa Calderón está inmediato al poblado de San Gaspar de las Flores, al noreste de Guadalajara.

VOLUMENES Y GASTOS PRODUCIDOS Y DISTRIBUIDOS A LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL., DURANTE 1992

	SISTEMA SUPERFICIAL				PRODUCCION SUBTERRANEA (POZOS)													
	CHAPALA		PRESA CALDERON		TESISTAN		VARIOS		TOLUQUILLA		ZAPOPAN		AGUA AZUL		EL DEAN		COLOMOS	
	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS
ENE/92	12218781	4718	3866920	1500	2678637	1033	965607	373	1635426	631	433562	167	121133	45	121678	45	196209	73
FEB/92	12252200	4890	3739510	1492	2656702	1060	867466	335	1302697	520	508353	203	105279	42	115536	46	181818	73
MAR/92	17200187	6422	3167760	1183	3245152	1212	944542	364	690763	258	651804	243	114576	43	145046	54	196346	73
ABR/92	15229966	5876	3642340	1405	2896990	1116	900872	348	554396	214	542948	209	82647	32	157080	61	126030	72
MAY/92	16028367	5984	2797046	1044	3338621	1246	834837	322	1598142	597	629266	235	36862	14	163680	61	166041	62
JUN/92	16673007	6432	2593980	1001	2924375	1126	890622	344	1370476	529	621716	240	31557	12	144935	56	122499	47
JUL/92	17447700	6514	2273760	849	3149179	1176	833232	321	1528432	571	623156	233	32511	12	170660	64	3510	1
AGO/92	16350866	6105	2332080	871	3120659	1165	782281	302	1515072	566	533582	199	24297	9	142590	53	40590	15
SEP/92	13709064	5289	3224160	1244	2876959	1110	688084	265	1727284	666	547181	211	35813	14	125130	49	72361	28
OCT/92	15302105	5713	2836269	1059	3262736	1218	729695	282	1878312	701	566039	211	52934	20	133920	50	104648	39
NOV/92	15498211	5979	2619422	1011	3045676	1175	733820	283	2049616	791	534748	206	38904	15	139194	54	110289	43
DIC/92	115326331	5722	3549660	1325	2976012	1111	720651	278	2195261	820	678454	253	47040	18	128712	48	122081	46
SUMA	183246785		36663209		36171698		9891709		18043777		6871218		723558		1688161		1502322	

	PRODUCCION		SISTEMA DE DISTRIBUCION									
	SUBT. + SUPERF.		PTA.POTAB.1		PTA.POTAB.2		PTA.POTAB.3		POZOS		PLANTAS 1+2+3 + POZOS	
	SUMA VOLUMEN m3	SUMA Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	SUMA VOLUMEN m3	SUMA Q LPS
ENE/92	22268351	8314	11732729	4390	2355998	880	3809182	1422	6152650	2297	24050559	8979
FEB/92	21729561	8672	11763717	4695	1974974	788	3664720	1463	5737851	2290	23141222	9236
MAR/92	26356176	9841	14390025	5373	2186919	817	3104405	1159	5988229	2236	25569578	9585
ABR/92	24193271	9335	12941184	4993	1746184	674	3569493	1377	5320965	2053	23577826	9097
MAY/92	25592864	9555	13511114	5044	1918791	716	2741107	1023	6767449	2527	24936461	9310
JUN/92	25373167	9789	13848444	5342	2235517	862	2542100	981	6106180	2356	24730241	9541
JUL/92	26062150	9731	14418216	5383	2404773	898	2228285	832	6340690	2367	25391964	9480
AGO/92	24842017	9275	13930423	5201	1811540	676	2285438	853	6159071	2300	24186472	9030
SEP/92	23006036	8875	11539707	4452	1659042	640	3159677	1219	6072812	2343	22431238	8654
OCT/92	24866657	9283	12915371	4822	1831649	684	2779544	1036	6728263	2512	24254847	9056
NOV/92	24770180	9557	13041595	5031	1910112	737	2567034	990	6532547	2567	24171558	9325
DIC/92	25744502	9612	13198097	4928	1602665	598	3478951	1299	6952211	2564	25147334	9989
SUMA	294304932		157228622		23637864		35929946		74894938		291691370	

CUADRO 3.2

VOLUMENES Y GASTOS PRODUCIDOS Y DISTRIBUIDOS A LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL., DURANTE 1993

	SISTEMA SUPERFICIAL				PRODUCCION SUBTERRANEA (POZOS)													
	CHAPALA		PRESA CALDER		TESISTAN		VARIOS		TOLUQUILLA		ZAPOPAN		AGUA AZUL		EL DEAN		COLOMOS	
	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS
ENE/93	14644586	5468	3613860	1349	2812180	1050	801168	299	2218592	828	662089	247	45466	17	120365	45	124950	47
FEB/93	13840752	5721	3287300	1359	2861134	1183	778176	322	1124775	465	530445	219	47400	20	108054	45	112840	47
MAR/93	17590282	6567	3670389	1370	3434516	1232	934993	349	68688	26	659013	245	44688	17	488	0.2	125738	47
ABR/93	16930204	6532	3325050	1283	3019364	1165	896051	346	988577	381	773418	298	40178	16	0	0	141856	55
MAY/93	17488393	6529	3640660	1359	3372556	1259	945122	354	2030707	758	780698	291	125964	47	0	0	201903	75
SUMA	80494217	30817	17537279	6720	15499750	5939	4358520	1670	6431339	2458	3405063	1301	303694	117	228906	90.2	707265	271

	PRODUCCION		SISTEMA DE DISTRIBUCION									
	SUPERF. + SUBT		PTA.POTAB.1		PTA.POTAB.2		PTA.POTAB.3		POZOS		PLANTAS 1+2+3 +POZOS	
	SUMA VOLUMEN m3	SUMA Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	VOLUMEN m3	Q LPS	SUMAS VOLUMEN m3	SUMA Q LPS
ENE/93	25043237	9303	12679034	4734	1424430	532	3541583	1322	6784791	2533	24429338	9121
FEB/93	22690876	9334	12088710	4997	1228185	508	3221554	1332	5562624	2299	22101273	9136
MAR/93	26528791	9857	15414105	5755	1498386	559	3596981	1343	5288120	1967	25777592	9624
ABR/93	26114706	10021	14741249	5687	1576090	608	3256549	1257	5659452	2261	25435349	9613
MAY/93	28586423	10597	15197775	5674	1637173	611	3657858	1332	7459350	2735	27952164	10402
SUMA	1.3E+08	49112	70120873	26847	7354284	2816	17276593	6586	30934597	11845	1.3E+08	48090

GASTO PROMEDIO SUMINISTRADO EN LOS 5 PRIMEROS MESES DE 1993 = 9,885.18 lps

El Acueducto Oriente I.- Tiene su origen en la planta potabilizadora No. 1 y descarga al tanque Pensador Mexicano, sus diámetros son de 1.37 m y 0.61 m con longitud total de 9,300 m. es de concreto reforzado y asbesto cemento clase A-5, está diseñado para conducir un gasto de 1,000 lps y actualmente opera con 900 lps.

El Acueducto Oriente II.- Tiene su inicio en la planta potabilizadora No. 1 y descarga en tres tanques; tanque Tlaquepaque, Talpita y Oblatos, es de concreto reforzado y del tipo lock-joint, tiene diámetros de 1.37 m y 0.61 m y una longitud total de 12,620 m. Su caudal disponible es de 3,000 lps de los cuales opera con 2,300 lps.

El Acueducto Oriente III.- Tiene su origen en la planta potabilizadora No.2, su destino es en el tanque Bethel; sus diámetros son de 1.83 m y 0.61 m; con una longitud de 9,798 m, es de lock-joint y asbesto-cemento clase A-5. Tiene un gasto de diseño de 2,000 lps, y actualmente opera con 700 lps.

El Acueducto Poniente I.- Inicia en la planta potabilizadora No.1 finaliza en el centro de la ciudad, tiene diámetros de 1.07 m y 0.61 m; con una longitud de 7,100 m. Es de concreto reforzado y asbesto-cemento clase A-5. Tiene un gasto de diseño de 1,000 lps, de los cuales opera con 900 lps.

El Acueducto Poniente II.- Tiene su origen en la planta potabilizadora No. 1 con destino al tanque regulador Loma Bonita y en la zona poniente de la ciudad. Sus diámetros son de 1.07 m y 0.61 m, tiene una longitud de 12,650 m, es de concreto reforzado y asbesto-cemento A-5. Esta diseñado para trabajar con gasto de 1,500 lps y actualmente opera con 1,200 lps.

El Acueducto Poniente III.- Inicia en la planta potabilizadora No.1 y descarga en los tanques reguladores Polanco, Mezquitán y San Alejo. Sus diámetros son de 1.96 m y 0.41 m, su longitud es de 12,530 m. Es de concreto reforzado, lock-joint y asbesto-cemento clase A-5. Tiene una capacidad para conducir un gasto de 3,000 lps y opera actualmente con 2,000 lps.

El Acueducto Poniente IV.- Inicia en la planta potabilizadora y en el tanque regulador Polanco, con destino al tanque Tesistán. Sus diámetros de tubería son de 1.37 m y 0.76 m, una longitud de 11,700 m; el tipo de tubería es lock-joint. Su gasto de conducción es de 2,000 lps, de los cuales opera con 1,250 lps.

El Acueducto Zona Industrial.- Tiene su origen en la planta zona Industrial con destino a la zona Industrial. Sus diámetros son de 0.61 m y 0.51 m con una longitud de 2,100 m; es de asbesto-cemento clase A-5. Su gasto de conducción es de 500 lps y opera actualmente con 400 lps.

El Acueducto Tesistán.- Tiene su inicio en la planta de bombeo Tesistán y descarga en el

tanque Tesistán, con un diámetro de 1.07 m y 0.76 m, con una longitud de 5,900 m, la tubería es de concreto armado y asbesto-cemento clase A-5. Su gasto de conducción es de 1,500 lps y actualmente opera con 1,200 lps.

Periférico Oblatos.- Tiene su origen en el tanque Bethel y se interconecta al Acuaférico a la altura de la calle Belisario Domínguez. Sus diámetros son de 0.61 m y 0.45 m, su longitud es de 5,000 m; es de asbesto-cemento clase A-5. Su gasto de conducción es de 400 lps y opera con 240 lps.

Acuaférico.- Su origen está en la planta potabilizadora con destino al tanque Belenes. Sus diámetros son de 1.83 m y 1.40 m con una longitud de 17,000 m. Es del tipo lock-joint, está diseñado para conducir un gasto de 7,000 lps y actualmente opera con 1,250 lps.

Periférico Norte.- Inicia en la planta Tesistán y termina en la salida a la carretera a Saltillo a la altura del Periférico Norte. La tubería cuenta con diámetros de 0.60 m y 0.35 m, con una longitud de 9,540 m, es de asbesto-cemento clase A-5. Está diseñado para un gasto de 800 lps y actualmente opera con 650 lps.

Toluquilla. Su inicio está en la planta de bombeo Toluquilla descarga sus aguas en el tanque Santa María. Sus diámetros son de 1.40 m, con longitud de 16,239 m. Es del tipo lock-joint y está diseñado para conducir un gasto de 1,000 lps, de los cuales opera con 750 lps.

Acueducto Cerro del Cuatro.- Su origen está en el Canal del Cerro del Cuatro con destino al Cerro del Cuatro. Su diámetro es de 2.13 m, con una longitud de 4,260 m, es del tipo lock-joint. Su caudal disponible es de 10,000 lps.

El sistema de abastecimiento de agua potable se ilustra en el plano 2 del anexo A.

3.4. Regulación

Esta componente del sistema de suministro de agua potable, se lleva a cabo mediante 41 tanques, ubicados principalmente en las zonas altas de la ciudad y se encuentran distribuidos en toda la Zona Metropolitana de Guadalajara, con el objetivo de realizar una distribución del recurso de la manera más eficiente posible.

La capacidad total de regulación es de 268,425 m³, en el cuadro 3.3, se indican los tanques existentes y la capacidad de cada uno de ellos.

3.5. Distribución

Para satisfacer la demanda de agua potable, el Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA), cuenta con una red de distribución con diámetros instalados de 2", hasta 16", con 629,042 tomas instaladas, de las cuales, el 87% son de uso doméstico, el

TANQUES DE REGULACION GUADALAJARA JAL.

NOMBRE	CAPACIDAD (M3)
TANQUE RESIDENCIAL PONIENTE	2050
TANQUE LA TUZANIA	2700
TANQUE INFONAVIT ARBOLEDAS	950
TANQUE CIUDAD GRANJA	3550
TANQUE GIRASOLES	600
TANQUE JARDINES UNIVERSIDAD	2250
TANQUE JUAN MANUEL VALLARTA	1400
TANQUES TESISTAN	10150
TANQUE FRAY PEDRO	6750
TANQUE MEZQUITAN	2700
TANQUE TABACHINES	2250
TANQUE SAN ALEJO	7250
TANQUE JARDINES DE GUADALUPE Y PRADOS DE SAN IGNACIO	300
TANQUE DEL SUR	10900
TANQUE SANTA MARIA	31850
TANQUE CERRO DEL CUATRO	33000
TANQUE ALAMO INDUSTRIAL	1550
TANQUE REVOLUCION	900
TANQUE SANTA CRUZ	2100
TANQUE LOMA BONITA	2650

NOMBRE	CAPACIDAD (M3)
TANQUE PENSADOR MEXICANO	1050
TANQUE CIRCUNVALACION OBLATOS	4050
TANQUE TALPITA	5850
TANQUE LIBERTADOR MIGUEL HIDALGO	1100
TANQUE TLAQUEPAQUE	56050
TANQUE SAN PEDRITO	400
TANQUE LOMA DORADA	2050
TANQUES ALTAMIRA	1150
TANQUE GIGANTES	150
TANQUE MANANTIALES AGUA CALIENTE	150
TANQUE PATRIA	17350
TANQUE COLLI	13250
TANQUE NOGALES	4900
TANQUE TOLUQUILLA	11500
TANQUE LAS JUNTAS	2200
TANQUE SAN MARTIN DE LAS FLORES	1000
TANQUE PINAR DE LA CALMA	1750
TANQUE DIVISION DEL NORTE	1150
TANQUE CHAPALITA	500
TANQUE JARDINES DEL BOSQUE	100
TANQUE POLANCO	16000

0.2% son industriales, el 4% de tipo comercial, 0.5% otros servicios (Hoteles, autobaños, baños públicos, etc.), 0.3% predios de gobierno y 8% de predios baldíos, la longitud de la tubería de la red principal es de aproximadamente 674 km y la longitud de la tubería de relleno es de 1,893 km, mientras que en conducciones cuentan con 246 km.

En su mayoría la red de distribución esta compuesta por tubería de asbesto-cemento y con una mínima proporción de fierro fundido, la distribución del tipo de tubería se puede observar en el plano 5 del anexo A.

Despues de analizar las diferentes zonas catastrales se detectó que uno de los indicadores a los que se le puede atribuir la alta incidencia de fugas en tomas domiciliarias es la *antigüedad* que tienen estas, es por tal motivo que para tomar la decisión de atacar primero una zona que otra se debe tomar en cuenta este factor. En el plano 6 del anexo A, se muestra la red de distribución por su edad.

3.6. Cobertura del Servicio

Con base en el número de tomas registradas en el Sistema de Agua Potable (629,042), hasta el mes de mayo de 1993, el SIAPA considera que tiene una cobertura en el servicio de agua potable del 92%. Otro aspecto importante con respecto a la cobertura del servicio, es que al efectuar el trabajo de campo se pudo constatar que existen algunas colonias que cuentan con red de agua potable, pero no existen tomas domiciliarias, lo que ocasiona que los usuarios se conecten a la red, sin reportar la instalación; provocando con esto la existencia de tomas clandestinas.

3.7. Padrón de Usuarios

El manejo del padrón de usuarios en la ZMG. se realiza por el número de contratos. El Organismo maneja los cuatro municipios: Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan.

La actualización del padrón es diaria conforme se van presentando nuevos contratos o modificaciones en los mismos. Los datos que se consideran en el padrón de usuarios y que corresponden al registro del estado de cuenta del usuario son:

Número de contrato (clave del registro)
Número del medidor
Nombre del usuario
Nombre de la calle
Número de la calle
Cruce de calles
Colonia
Fecha de contratación
Ultimo pago
Fecha de corte

Clausurado
Tipo de toma
Sector
Ultimo mes pagado
Importe de consumo de agua
Adeudo de agua
Recargos
Conexión
Excedente
Reconexión
Varios (multas y cambio de propietario)
Total de último recibo

El padrón de usuarios en mayo de 1993 tenía registradas un total de 629,042 tomas, de las cuales 449,923 cuentan con medidor y 179,119 son de cuota fija.

En el cuadro 3.4 se muestra el padrón de usuarios clasificado por tipo de servicio y tipo de predio.

El cobro del consumo de agua se efectúa por medio de gasto medido y las tomas domiciliarias que no cuenta con micromedidor se les cobra por cuota fija. La captura de datos y lecturas de consumo, así como su verificación se realiza en la Gerencia de Calificación y Control.

3.8. Micromedición

Se tiene un nivel de micromedición dentro de la zona en estudio del 71.5% (449,923 micromedidores). En el cuadro 3.4 se muestra el desglose de tomas con micromedidor por tipo de usuario y en el cuadro 3.5 se muestra la clasificación de las tomas con y sin micromedidor por clase socioeconómica.

3.9. Facturación y Cobro

La facturación que se tuvo, para los grandes consumidores, en el mes de mayo de 1993 por tipo de servicio fue de N\$ 5'044,407, el cual se desglosa por cada uno de los tipos de servicios en el cuadro 3.6, indicando además el volumen consumido por cada uno de estos.

El cobro de los servicios de agua potable se realiza en las mismas oficinas del Organismo Operador, quien tiene además sucursales en otros puntos de la ciudad.

CUADRO 3.4

PREDIOS REGISTRADOS EN EL PADRON DE USUARIOS POR CUOTA FIJA Y CON MEDIDOR

POR TIPO DE SERVICIO Y TIPO DE PREDIO

EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL.

TIPO DE SERVICIO	PREDIOS SIN MEDIDOR	PREDIOS CON MEDIDOR	TOTAL
USO INDUSTRIAL			
Industrias	278	613	891
Tenerías	44	91	135
SUB-TOTAL	322	704	1,026
USO COMERCIAL			
Edif. comerc. y de espect.	217	372	589
Panaderías y giros diversos	12,466	11,892	24,358
SUB-TOTAL	12,683	12,264	24,947
USO HABITACIONAL			
Casas hab. y de huéspedes	87,062	369	456,572
Vecindades	471	1,693	2,164
Edif. de departamentos	27,509	62,273	89,782
SUB-TOTAL	115,042	433,476	548,518
OTROS SERVICIOS			
Hoteles, Moteles y Sanit.	78	266	344
Autobaños y Gasolinerías	31	229	260
Parques públicos	20	116	136
Escuelas particulares	120	358	478
Lavanderías y Tintorerías	25	140	165
Oficinas y consultorios	583	681	1,264
Rest., Bares y Neverías	84	235	319
SUB-TOTAL	941	2,025	2,966
PREDIOS DE GOBIERNO			
Estatales, Fed. y Municip.	770	459	1,229
SUB-TOTAL	770	459	1,229
PREDIOS BALDIOS			
Particulares y de Fracc.	49,338	993	50,331
SUB-TOTAL	49,338	993	50,331
PREDIOS SIN RED DE AGUA			
Utilizan agua de canal	23	2	25
SUB-TOTAL	23	2	25
TOTAL:	179,119	449,923	629,042

CUADRO 3.5

DESGLOSE DE PREDIOS POR CLASE SOCIOECONOMICA
EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL.

ZONA SOCIOECONOMICA	TOMAS CON CUOTA FIJA	TOMAS CON SERVICIO MEDIDO	TOTAL DE TOMAS
RESIDENCIALES	23,882	24,596	48,478
MEDIAS	83,376	232,652	316,028
POPULARES	71,413	192,272	263,685
FUERA DEL LIMITE	448	403	851
TOTAL	179,119	449,923	629,042
%	28.47	71.53	100.00

CUADRO 3.6

FACTURACION DE GRANDES CONSUMIDORES
EN EL MES DE MAYO DE 1993

DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL.

TIPO DE SERVICIO	TOTAL DE MEDIDORES	TOTAL DE CONSUMO FACTURADO (N \$)	CONSUMO (M3)
USO INDUSTRIAL	632	1,867,573	584,197
USO COMERCIAL	777	692,047	198,647
USO HABITACIONAL	194	139,301	58,954
OTROS SERVICIOS	1,083	1,590,555	340,235
PROPIEDAD FEDERAL	76	432,092	79,234
PROPIEDAD ESTATAL	54	215,876	36,423
PROPIEDAD MUNICIPAL	10	106,963	16,067
TOTAL:	2,826	5,044,407	1,313,757

3.10. Control de fugas

Para controlar las fugas actualmente se llevan reportes de las fugas reparadas en la zona metropolitana, en los cuales se tienen registrados los siguientes datos:

- Lugar donde se presenta la fuga (domicilio)
- Posible falla (toma domiciliaria o red)

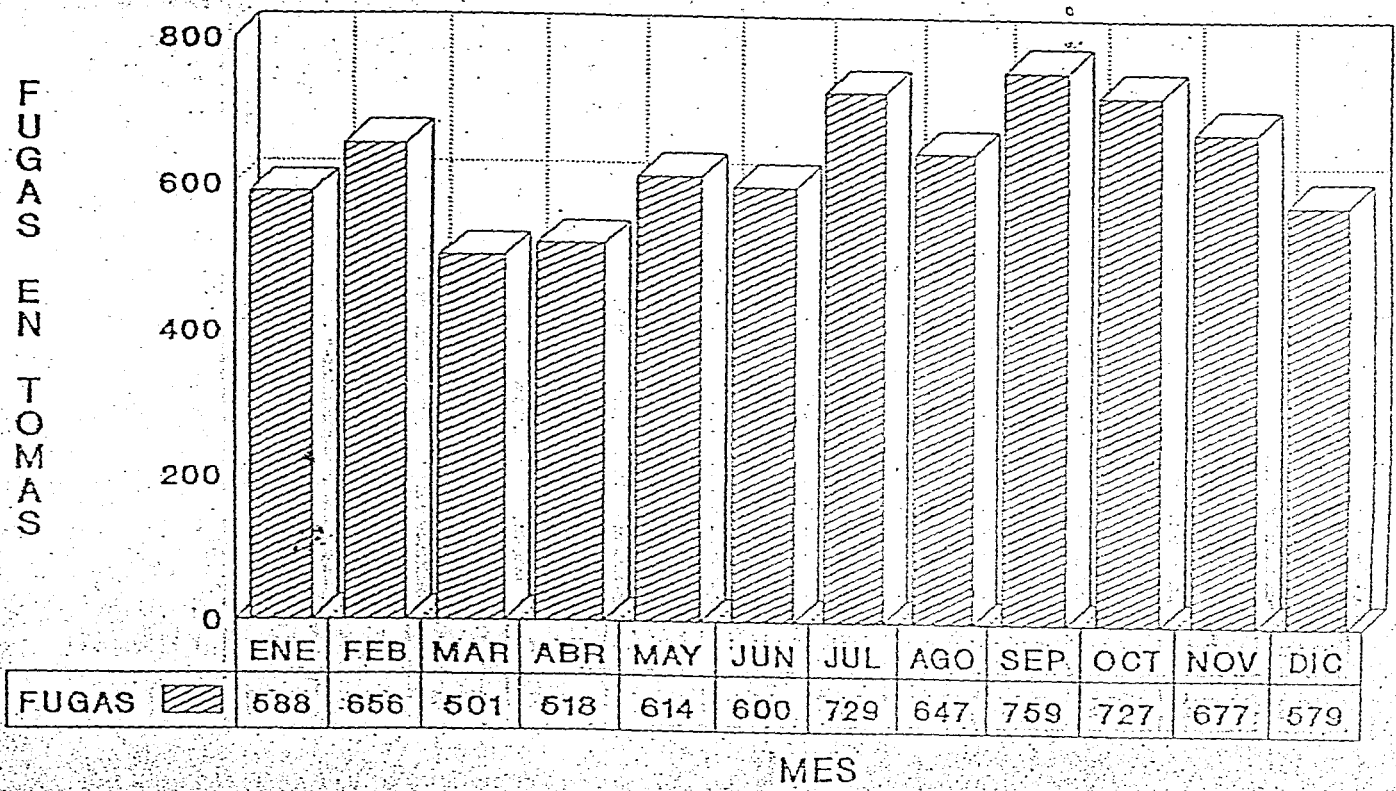
Para efecto de este estudio se clasificaron el número de fugas ocurridas por mes durante el año de 1992, esta clasificación es de fugas en tomas domiciliarias, fugas en la red de distribución y el total de estas, lo cual se muestra en las láminas 3.1, 3.2 y 3.3.

Se implantó recientemente un programa de detección y control de fugas, para lo cual el Organismo Operador cuenta con personal capacitado y un equipo digital "MICROCORR-4" super, y con equipos complementarios, por medio de los cuales se certifica la existencia de fuga.

El control de fugas se realiza en base a la detección e información, que es proporcionada por la población mediante reportes telefónicos diarios, o verbalmente a los trabajadores de campo, los cuales son atendidos y asignados a las cuadrillas de reparación de fugas, transportándose al sitio indicado en vehículos destinados para tal fin, cabe señalar que la relación de reportes es diaria. Otro de los medios que se iniciaron a raíz de este estudio, fueron los recorridos a las colonias de mas incidencia de fugas, a causa de que muchas veces no existe colaboración de los usuarios y dejan que las fugas permanezcan durante mucho tiempo.

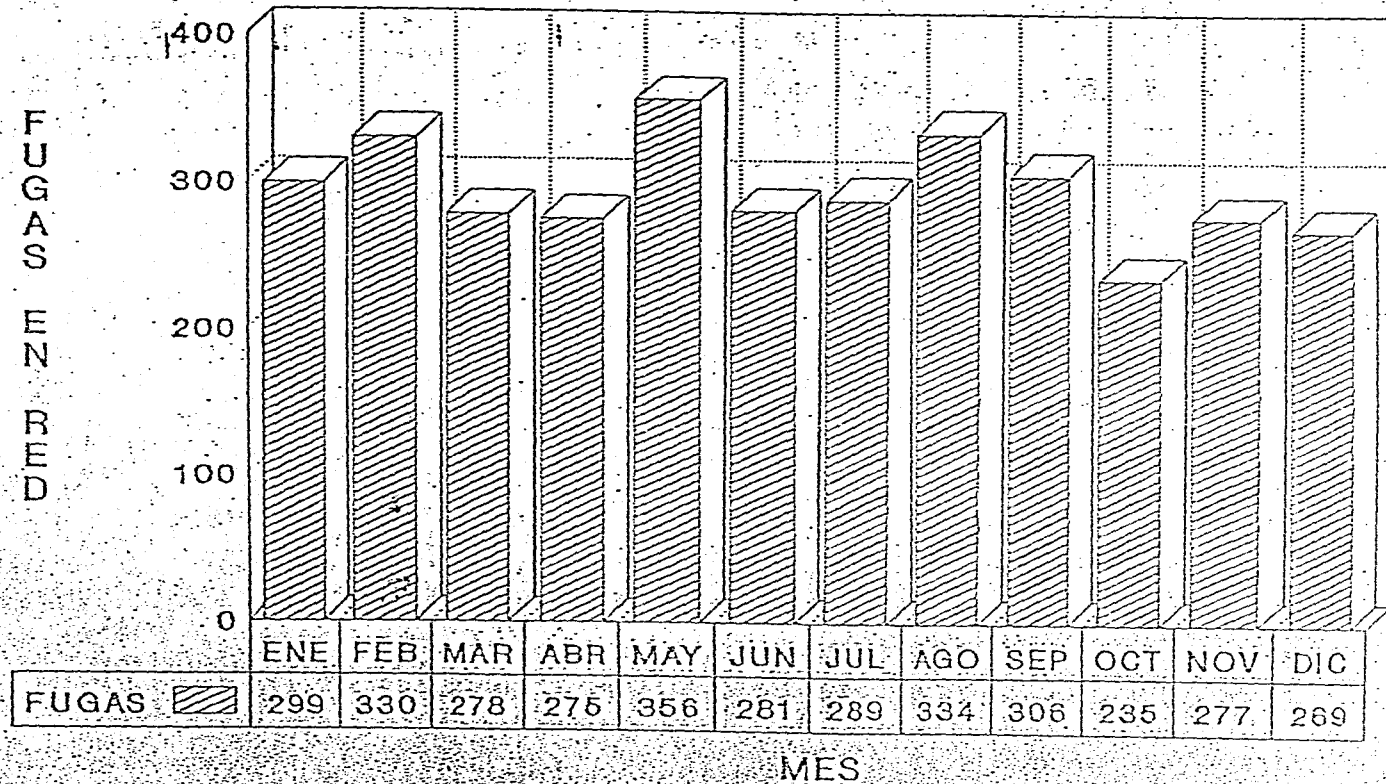
FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS EN 1992

GUADALAJARA, JAL.



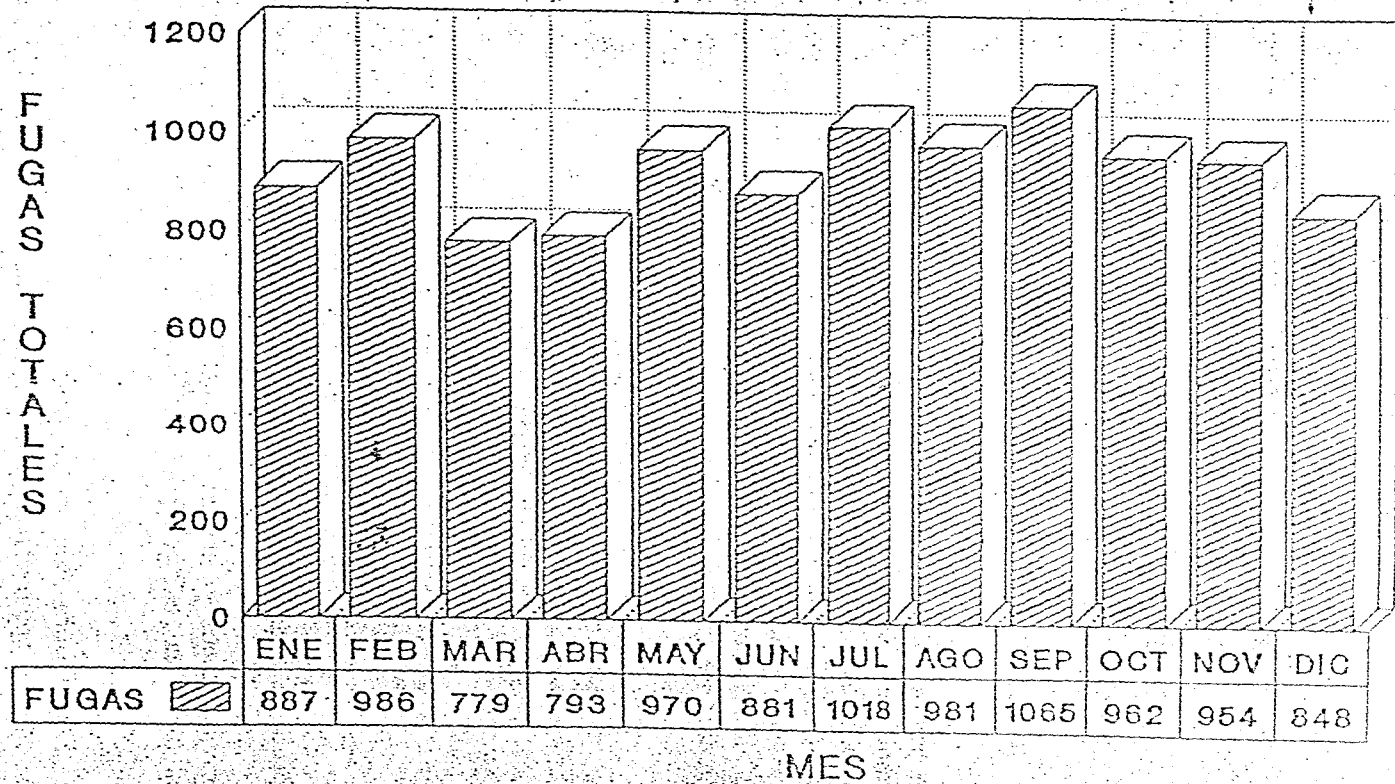
FUGAS EN RED EN 1992

GUADALAJARA, JAL.



FUGAS TOTALES EN 1992

GUADALAJARA, JAL.



4. METODOLOGIA DE SOLUCION DEL PROBLEMA

4.1. TOMAS DOMICILIARIAS

4.1.1. Evaluación de Fugas en Tomas Domiciliarias

Para evaluar el gasto que se pierde por fugas en las tomas domiciliarias, es necesario considerar dos muestreos estadísticos; se debe efectuar una inspección de tomas domiciliarias escogidas de manera aleatoria de acuerdo con un tamaño de muestra preestablecida, para después definir el porcentaje de tomas que presentan fuga y extrapolando dicho resultado a la zona catastral correspondiente. Las inspecciones se realizaron con un método indirecto, utilizando 3 manómetros tipo Bourdon, esto es, tomando la presión en el domicilio seleccionado y en las casas aledañas al mismo. Una baja de presión puede ser atribuida a una probable fuga a lo largo de la toma.

Paralelamente es necesario conocer el gasto promedio que se pierde por fugas en las tomas domiciliarias de una zona catastral determinada, excavando y aforando igualmente una muestra de fugas ocurridas dentro de la misma zona, censando además las causas que las provocan.

4.1.2. Trabajos Preliminares

La ZMG está integrada, como se dijo anteriormente por los municipios de Guadalajara, Tonalá, Tlaquepaque y Zapopan, está dividida en cuatro sectores que son: Juárez, Hidalgo, Reforma y Libertad, a su vez estos sectores están divididos en 39 zonas catastrales (mancha urbana) que comprenden las zonas socioeconómicas: Residencial, Media y Popular, así como las áreas Industrial y Comercial.

Para efectuar los trabajos de campo de manera adecuada fue necesario dividir la muestra considerada entre las 39 zonas catastrales antes mencionadas, iniciando con la clasificación de las colonias y tomas correspondientes a cada zona catastral. Las zonas catastrales en que esta dividida la Zona Metropolitana se ilustran en el plano 4 del anexo A.

4.1.3. Obtención del tamaño de la muestra a inspeccionar

Para evaluar el tamaño de la muestra, se utiliza la teoría del muestreo estadístico aleatorio estratificado, basado en el número de tomas por zona catastral y considerando que el número de fugas resulta proporcional a las tomas. Para con estas obtener posteriormente un tamaño de la muestra por inspeccionar con un nivel de confianza del 95%. Para inicio de esta actividad se consideró un número de 1,800 inspecciones. Resultando un número mayor (2,002) al aplicar la proporción preestablecida por zona catastral y obteniendo un número mínimo de 30 muestras por cada una de estas zonas.

Cabe sin embargo mencionar y describir brevemente el procedimiento de cálculo para establecer el tamaño de la muestra, ya que posteriormente será retroalimentado con los resultados obtenidos en campo. De esta manera, el tamaño de la muestra se obtiene al aplicar la expresión 4.1.

$$n_0 = \frac{z_c^2}{Nd^2} \sum (N_j)(p_j)(100-p_j)$$

Donde:

n_0 = tamaño de la muestra

$z_c = 1.96$ (valor de la variable estandarizada $z(0,1)$ para la cual el área bajo la curva normal es del 95% de probabilidad)

$N = 629,042$ (número de tomas)

$d = 5\%$ (corresponde al error en la estimación)

P_i = porcentaje por zona catastral

En el caso de Guadalajara el tamaño de la muestra preestablecido fue de 1,800, pero tomando en cuenta 30 muestras mínimas por zona catastral, el número definitivo de la muestra resultó de:

$$n_0 = 2,002 \text{ tomas por inspeccionar}$$

La distribución de la muestra por zonas catastrales se ilustra en la cuadro 4.1.

4.1.4. Obtención del tamaño de la muestra para aforo de fugas visibles

En este caso la muestra prefijada es de 2,002 aforos, sin embargo este tamaño de la muestra fue retroalimentándose, con base en la información recopilada en campo (gastos en fugas en tomas) y procesada en el transcurso del estudio. Este cálculo será mostrado posteriormente.

4.1.5. Trabajos de campo

Teniendo el tamaño de las muestras definido, se realizaron los trabajos de campo correspondientes, mismos que se describen a continuación.

4.1.5.1. Inspección de fugas en tomas domiciliarias

El principal objetivo de esta actividad es considerar las diferencias o caídas de presiones en las tomas domiciliarias inspeccionadas de una misma red, con lo cual se determina si existe o no fuga en alguna de las tomas seleccionadas. Para efectuar esta actividad se utilizaron

TAMAÑO DE LA MUESTRA PREESTABLECIDO
 POR INSPECCION DE PROBABLE FUGA
 EN TOMAS DOMICILIARIAS
 GUADALAJARA JAL.

ZONA CATASTRAL	MUESTRA
1	61
2	74
3	75
4	62
5	58
6	117
7	97
8	70
9	82
10	79
11	37
12	40
13	30
14	86
15	62
16	35
17	81
19	37
20	34
21	50
22	30
23	83
24	63
25	77
26	30
27	30
28	43
29	43
30	30
37	30
38	35
39	31
40	30
41	30
44	30
46	30
50	30
51	30
52	30
TOTAL	2002

manómetros tipo Bourdon con rangos de 0 - 2, 0 - 4 y 0 - 7 kg/cm. Bajo esta consideración, las actividades a desarrollar fueron las siguientes:

Se seleccionaron aleatoriamente los domicilios por inspeccionar, tomando en cuenta el número de muestras por zona catastral.

En cada domicilio seleccionado se mide la presión de su toma, así como en la toma de los domicilios aledaños a éste.

Si la presión de la toma seleccionada presenta una disminución con respecto a la presión de los domicilios contiguos, se verifica la probabilidad de fuga, confirmándose la existencia de la fuga con el equipo electrónico llamado "Microcorr 4 Super".

El Microcorr 4 Super es un aparato para la localización de fugas que emplea métodos electrónicos sofisticados para producir el registro de la información precisa, usando las técnicas de correlación. Este sistema consta de: Unidad Central Microcorr, radio transmisor, 2 acelerómetros sensoriales y un conjunto de auriculares de alta frecuencia, el procedimiento de operación de este equipo se describe a continuación.

Para la realización de esta actividad se contó con el apoyo de ocho cuadrillas del organismo operador, cada cuadrilla consta de un cabo y un ayudante.

4.1.5.2. Procedimiento de Operación del MICROCORR 4 - SUPER:

El equipo cuenta con un transmisor y un receptor, el transmisor se coloca en un extremo de la tubería y el receptor en el otro extremo, la longitud de alcance es de aproximadamente 400 m, en el receptor se tiene un sistema de almacenamiento y proceso de datos los cuales correlacionan la información que se le proporcione (Tipo de tubería, diámetro y longitud de la misma), cuenta además con una pantalla en la que se puede visualizar la intensidad de los sonidos a lo largo de la tubería, además de que señala la distancia de alguna correlación importante (cruceos, grandes consumos y fugas). Si el Aparato Micro-corr 4 Super detecta la fuga se procede a la reparación de ésta.

Este equipo se puede utilizar con mayor efectividad en longitudes de tubería más cortas (200 m aproximadamente). Para fines de este estudio se realizaron las mediciones entre 200 y 300 m (2 calles como máximo), dado que para efectos prácticos resultaba confiable.

Al estar efectuando estas pruebas, fue necesario aislar la toma de las instalaciones internas del domicilio (desconectando el medidor) ya que en algunos casos la toma domiciliaria puede presentar un consumo más elevado que en las tomas aledañas, a causa de la influencia de alguna carga interna (por ejemplo depósitos elevados en la casa) o reducciones aparentes causadas por la abertura de alguna llave interna en el domicilio seleccionado.

Cabe mencionar que en el transcurso de la realización de estos trabajos se presentaron

algunos problemas como el que enseguida se menciona:

Las personas que viven en los domicilios seleccionados se mostraron renuentes para que se realizaran las inspecciones.

Para efectuar este trabajo se elaboraron formatos que se llenaron con los datos generales, nombre del usuario, domicilio, colonia, sector, ubicación de la toma seleccionada y registros de presiones.

4.1.6. Aforo de fugas en tomas domiciliarias

Esta actividad se realizó mediante un método indirecto, que consiste en medir el gasto tres veces, desconectando el micromedidor de la toma donde se encuentra la fuga. El primer aforo se efectúa antes de excavar, el segundo aforo, cuando la fuga está excavada pero sin reparar (esto para analizar la influencia de la compactación del terreno para evitar la fuga); por último, se afora ya reparada la fuga. De esta manera la diferencia entre el gasto cuando la toma es reparada y el gasto antes de excavar, corresponde al caudal que se perdía con la fuga. Cuando era posible se prefería realizar el aforo de la fuga directamente en ésta.

La reparación y aforo de las fugas se efectuó conforme se iban reportando o cuando las brigadas de inspección informaban de una probable fuga.

4.1.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico consiste básicamente en definir el porcentaje de tomas domiciliarias con fuga, al igual que el gasto promedio de fuga por zona catastral, para que, con base en dichos resultados, se pueda estimar el volumen de las fugas que se presentan en tomas domiciliarias a nivel general.

4.1.8. Ocurrencia de fugas en las tomas inspeccionadas

Al realizarse la inspección en 2,036 tomas, distribuidas según se muestra en el cuadro 4.2, se pudo determinar que las zonas catastrales con mayor incidencia de probable fuga son la 13 con un 30%, la 25 con un 28.95% y la 24 con un 26.98%, y las zonas con menor incidencia de probable fuga son la 5 con un 5.17%, la 7 con un 6.19% y la 8 con un 6.94%.

Estos resultados se pueden observar, también gráficamente, en las láminas 4.1, 4.2 y 4.3.

Se obtuvo que el porcentaje de probable fuga en la totalidad de la muestra resultó ser del 15.23%, lo cual, extrapolando al total de tomas en la ciudad (629,042), señalan que existen 95,803 tomas con probable fuga.

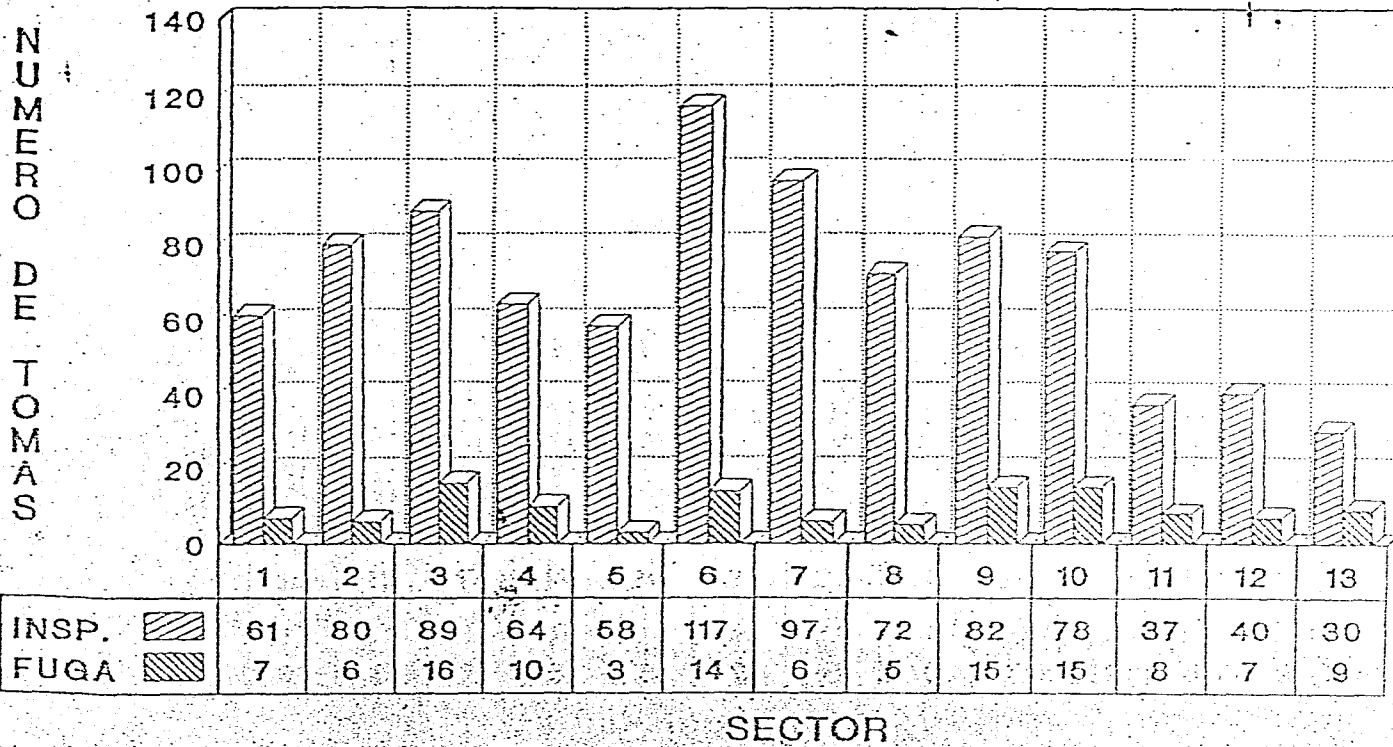
CUADRO 4.2

INSPECCIONES DE PROBABLE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS

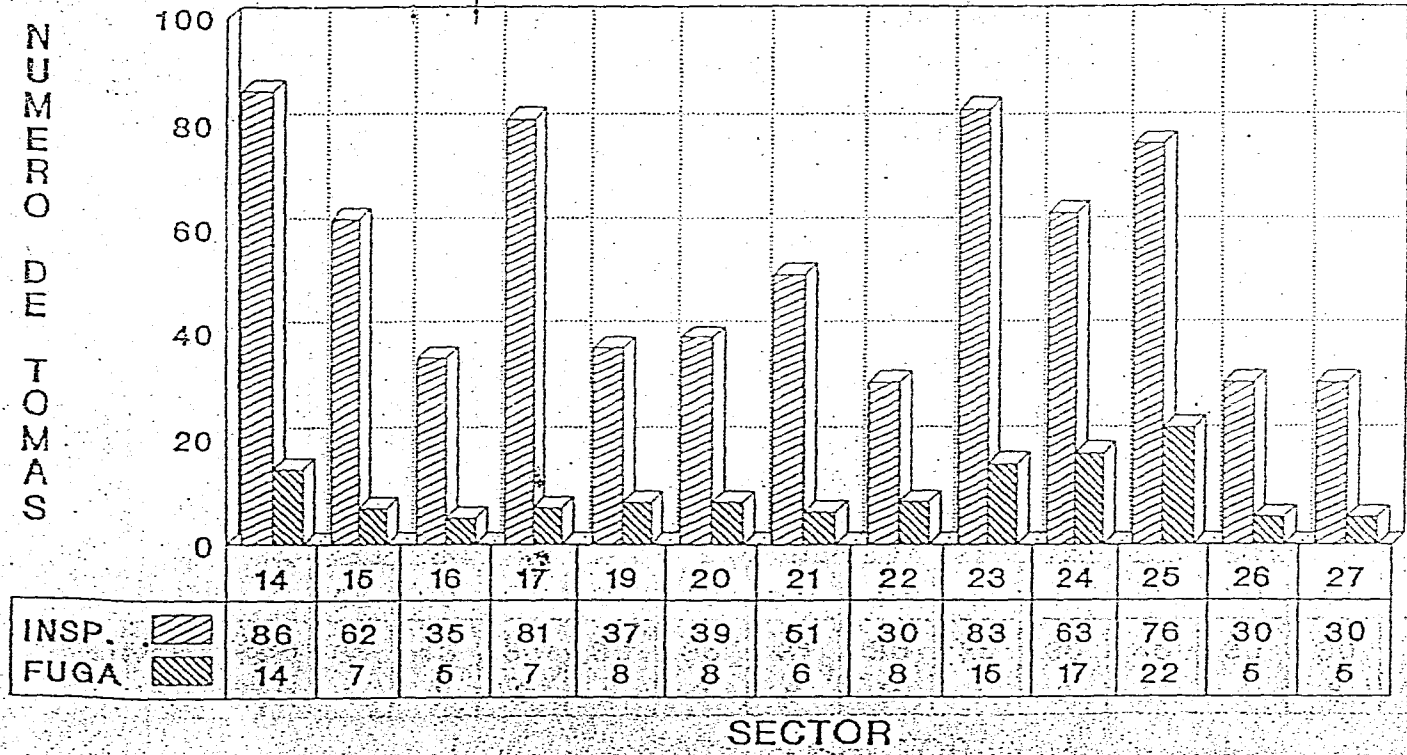
GUADALAJARA JAL.

ZONA CATASTRAL	PROBABLE FUGA	MUESTRA	% DE PROBABLE FUGA
1	7	61	11.48
2	6	80	7.50
3	16	89	17.98
4	10	64	15.63
5	3	58	5.17
6	14	117	11.97
7	6	97	6.19
8	5	72	6.94
9	15	82	18.29
10	15	78	19.23
11	8	37	21.62
12	7	40	17.50
13	9	30	30.00
14	14	86	16.28
15	7	62	11.29
16	5	35	14.29
17	7	81	8.64
19	8	37	21.62
20	8	39	20.51
21	6	51	11.76
22	8	30	26.67
23	15	83	18.07
24	17	63	26.98
25	22	76	28.95
26	5	30	16.67
27	5	30	16.67
28	6	33	18.18
29	4	43	9.30
30	8	30	26.67
37	5	30	16.67
38	3	35	8.57
39	8	31	25.81
40	3	30	10.00
41	4	30	13.33
44	3	30	10.00
46	5	45	11.11
50	4	30	13.33
51	5	30	16.67
52	4	31	12.90
TOTAL	310	2036	15.23

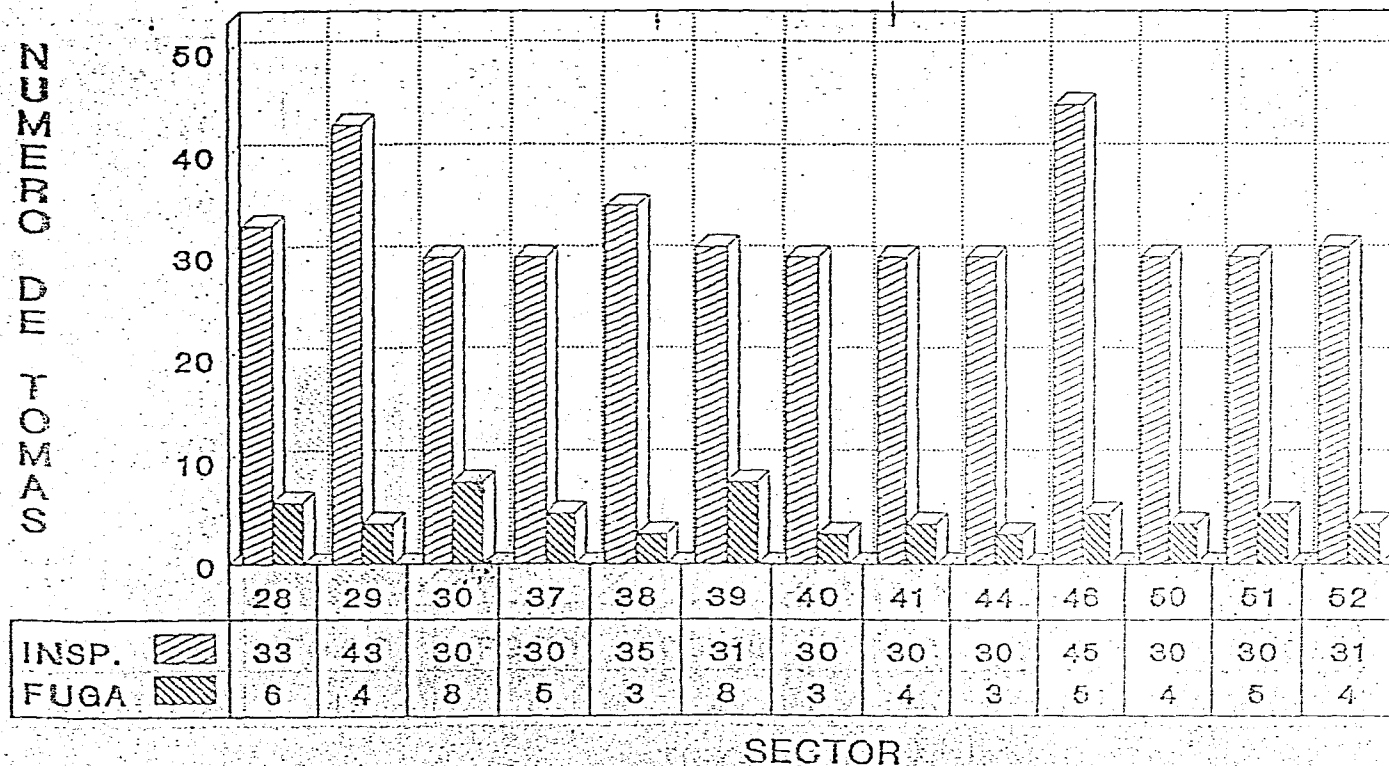
INSPECCION DE TOMAS CON PROBABLE FUGA GUADALAJARA, JAL.



INSPECCION DE TOMAS CON PROBABLE FUGA GUADALAJARA, JAL.



INSPECCION DE TOMAS CON PROBABLE FUGA GUADALAJARA, JAL.



No. total de tomas verificadas: 1901
porcentaje de probable fuga: 18.73%

4.1.9. Clasificación de las causas que originan las fugas

La clasificación de las causas que originan las fugas se hizo con base en las encuestas de 750 fugas reparadas y aforadas, obteniéndose los resultados siguientes:

4.1.9.1. Tipo de tubería

Por el tipo de material de la tubería de las tomas domiciliarias, es evidente que la mayoría de las fugas ocurrió en tubería de poliducto (206 fugas), el cual representa el 27.47%, siguiéndole las de fierro galvanizado con el 19.87% (149 fugas). Sin embargo el mayor número de fugas se presentan en el medidor con un 45.07% (338 fugas), lo que quiere decir que no interviene el tipo de tubería en este concepto, en la lámina 4.4 se muestra el resumen de esta clasificación.

4.1.9.2 Localización de la fuga

La mayoría de las fugas se presentaron en los micromedidores con lo que representa el 45.07% (338 fugas) y en la tubería se presentó el 29.6% (222 fugas), lo cual nos indica que el problema primordial se encuentra en el mantenimiento de los micromedidores. La estadística de este concepto se muestra en la lámina 4.5.

4.1.9.3 Tipo de fuga

El tipo de fuga más común que se presentó en las 750 reparaciones fue por rosca floja en los micromedidores con un 45.07% (338 fugas), siguiéndole las fugas por rajadura con un 24.27% (182 fugas), en la lámina 4.6 se ilustra esta clasificación, por medio de un diagrama de barras.

4.1.9.4. Tipo de pavimento

De las 750 fugas reparadas se presentaron 338 en la superficie (micromedidor de la toma) lo cual representa el 45.07% , lo que quiere decir que el tipo de terreno no influyó en estas fugas. El tipo de terreno donde se presentó la mayor parte de las restantes fugas reparadas, fue en terracería con un 15.33% (115 fugas), como se puede observar en la lámina 4.7.

4.1.9.5. Material excavado

En cuanto al material de excavación la ocurrencia se presentó de la siguiente manera en las 750 fugas reparadas, el mayor número corresponde el tipo de material tierra con 225 y en segundo término se encuentra la arena con 168, se puede observar en la lámina 4.8, el comportamiento del tipo de material excavado.

En el cuadro 4.3 se muestra un resumen de las estadísticas de aforos.

DISTRIBUCIÓN DE FUGAS POR TIPO DE TUBERIA EN LA CIUDAD DE GUADALAJARA JAL.

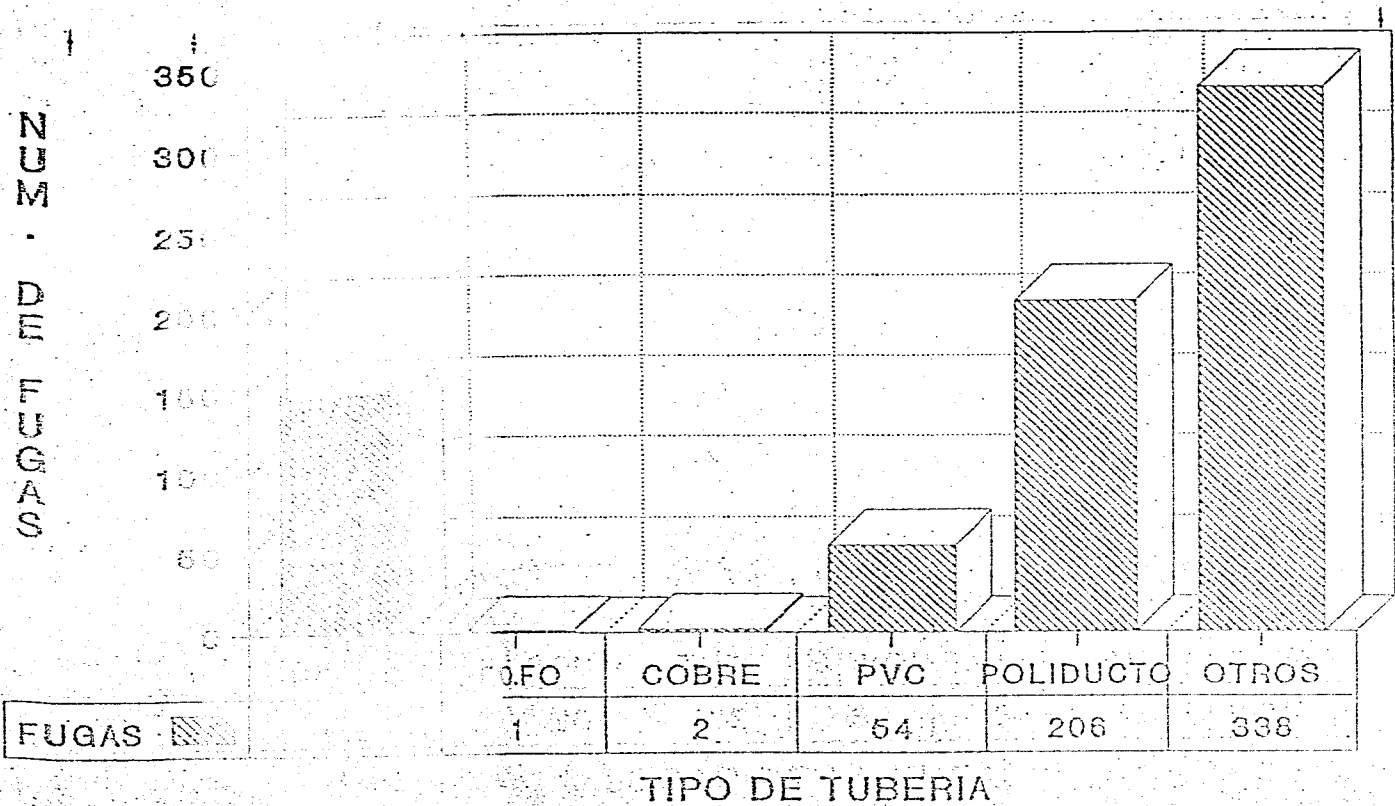


Lámina 4.4

OCURRENCIA DE FUGAS POR LOCALIZACION DE LA FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS GUADALAJARA JAL.

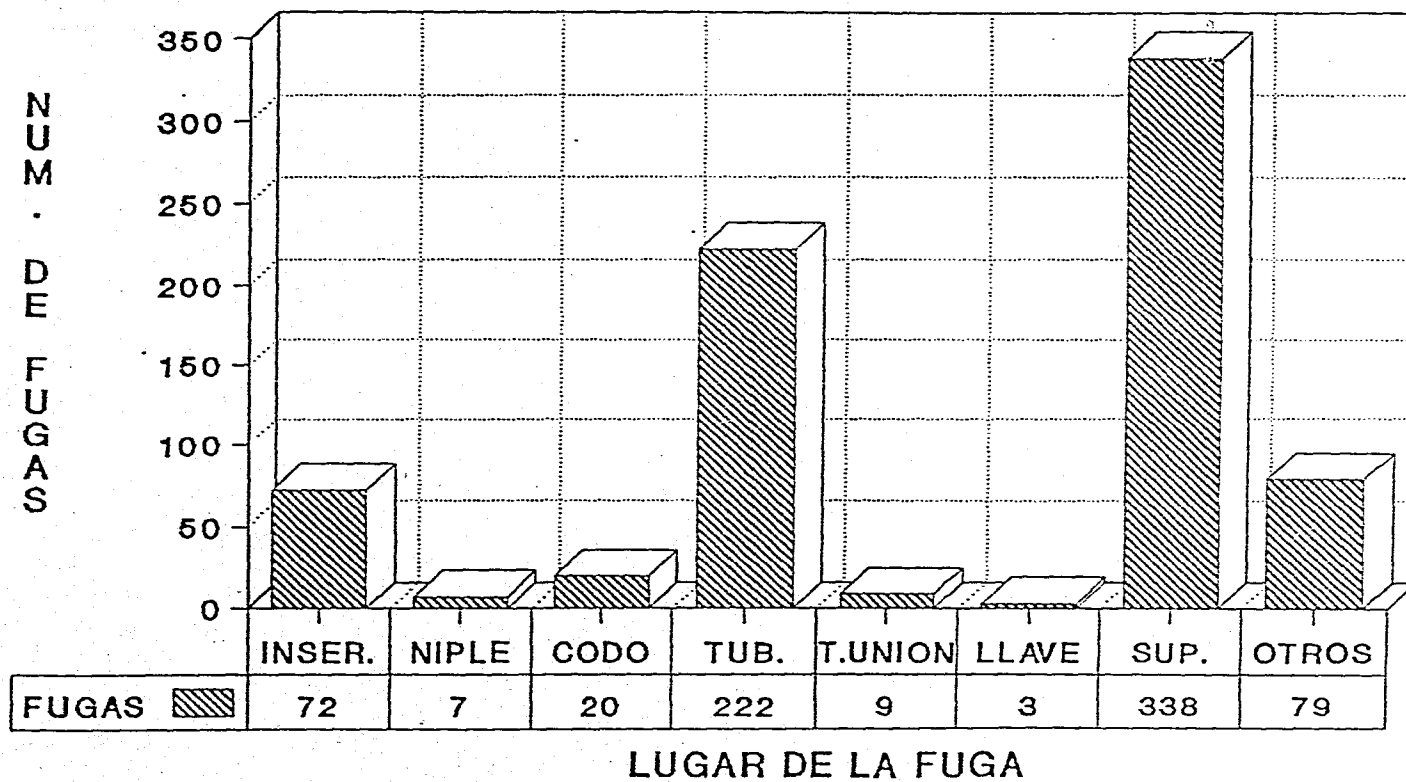


Lámina 4.5

OCURRENCIA DE FUGAS POR TIPO DE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS GUADALAJARA JAL.

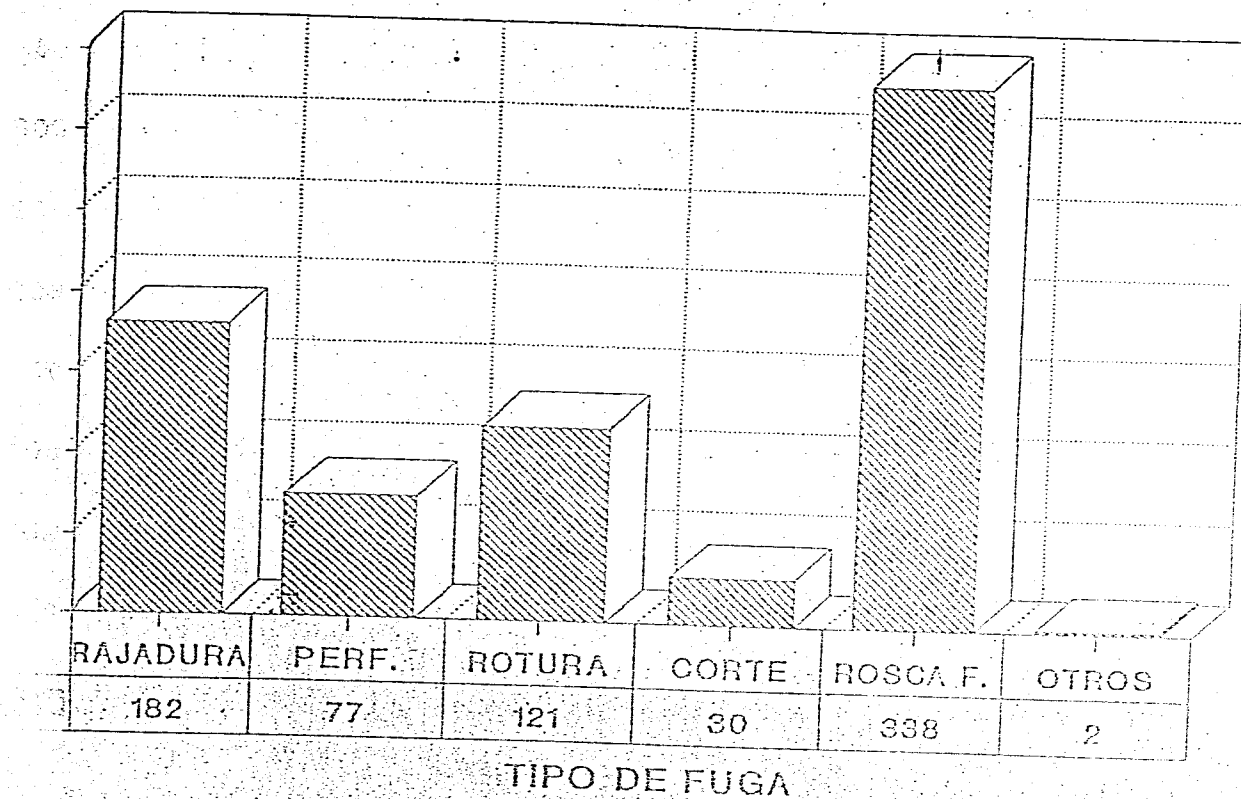
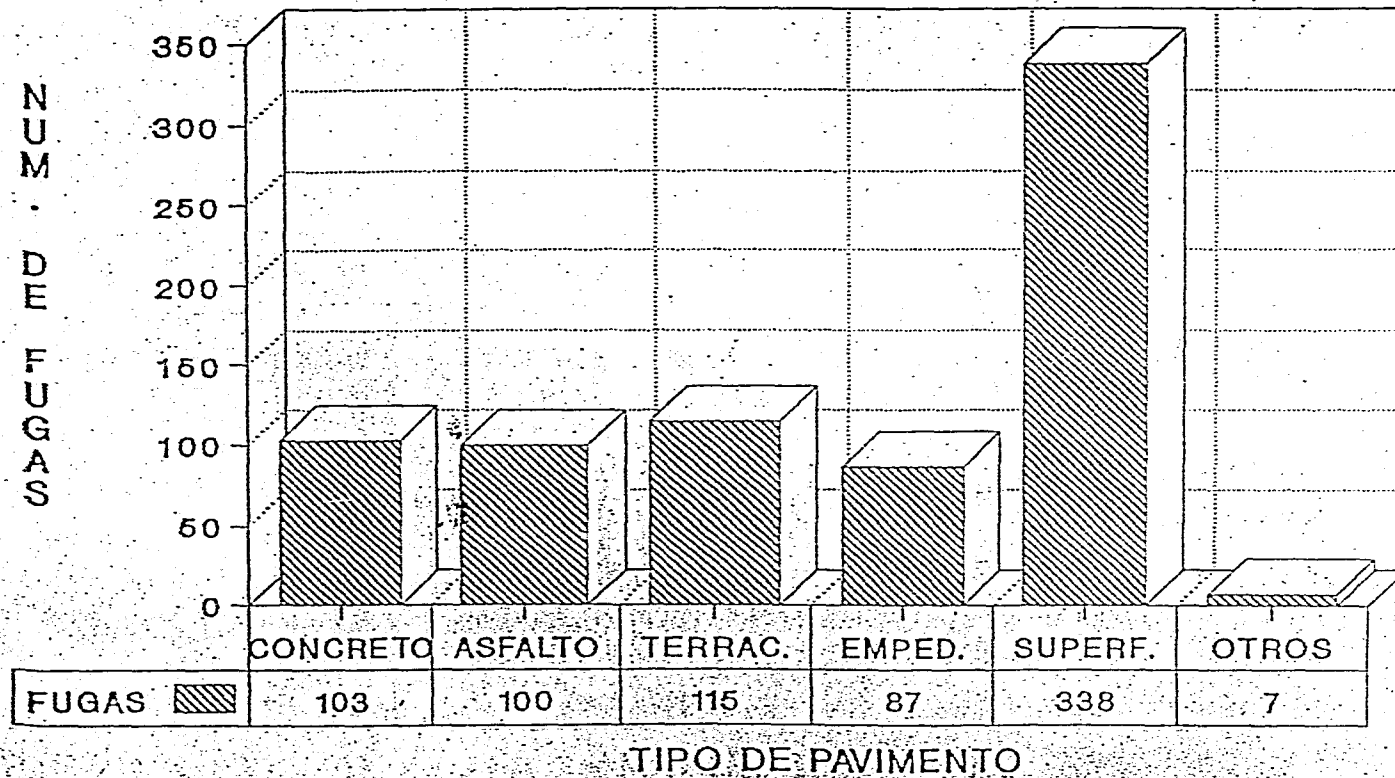


Lámina 4.e

OCURRENCIA DE FUGAS POR TIPO DE PAVIMENTO EN TOMAS DOMICILIARIAS GUADALAJARA JAL.



OCURRENCIA DE FUGAS POR TIPO DE MATERIAL EXCAVADO GUADALAJARA JAL.

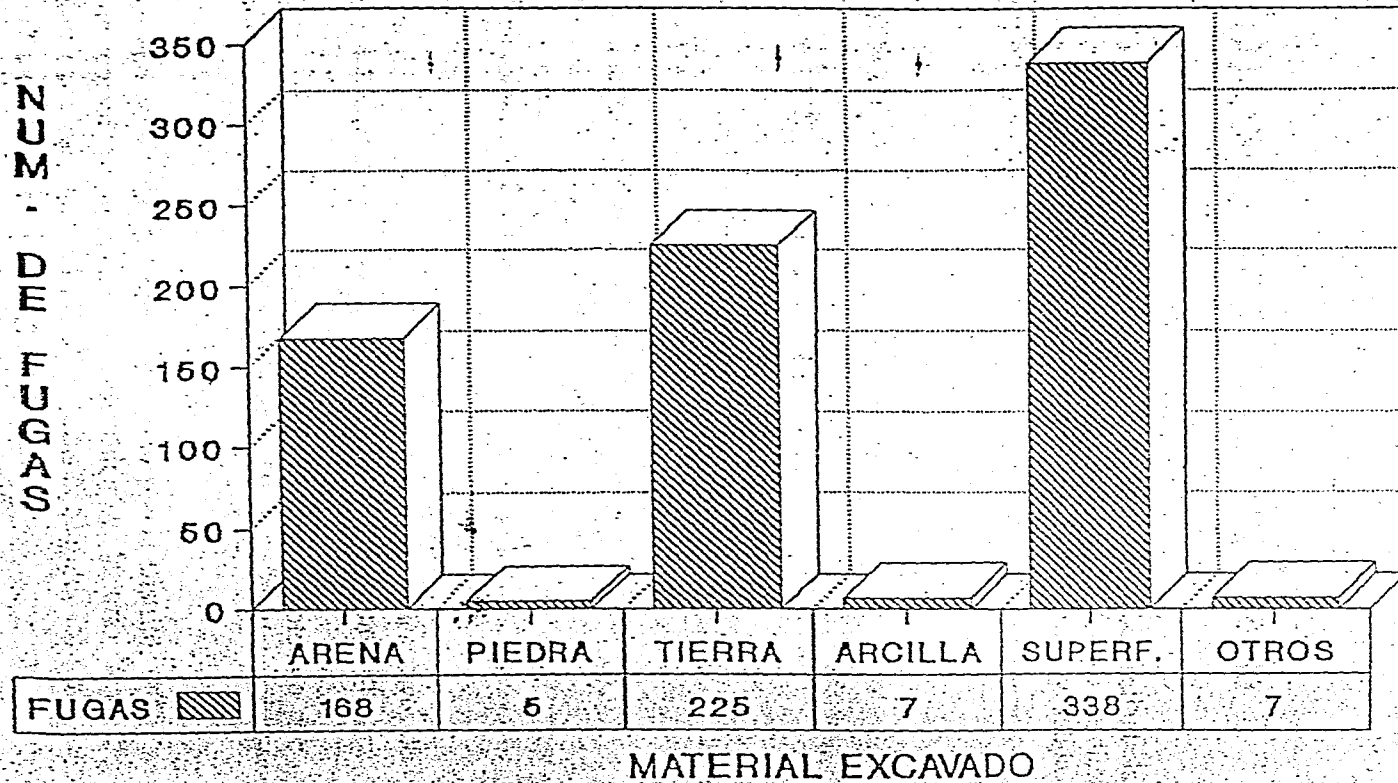


Lámina 4.8

CUADRO 4.3

ESTADISTICA GENERAL DE AFOROS EN TOMAS DOMICILIARIAS

GUADALAJARA, JAL.

TIPO DE FUGA

RAJADURA	PERFORACION	ROTURA	CORTE	BOSCA FLOJA	OTROS	TOTAL
182	77	121	60	336	2	750

TIPO DE PAVIMENTO

CONCRETO	ASFALTO	TERRACERIA	EMPEDRADO	SUPERFICIE	OTRO	TOTAL
103	100	115	87	338	7	750

MATERIAL DE EXCAVACION

ARENA	PIEDRA	TIERRA	ARCILLA	SUPERFICIE	OTRO	TOTAL
168	5	225	7	338	7	750

TIPO DE TUBERIA

FO.GO	FO.FO	COBRE	PVC	POLIDUCTO	OTRO	TOTAL
149	1	2	54	206	338	750

LUGAR DE LA FUGA

INSERCIION	NIPLE	CODO	TUBERIA	TUERCA UNION	LLAVE DE PASO	SUPERFICIE	OTRO	TOTAL
72	7	20	222	9	3	338	79	750

4.1.9.6. Profundidad media

Al efectuar un promedio de la profundidad a la que se encuentran las tomas domiciliarias donde se presentaron las fugas, se observa que hay alguna variación entre éstas, teniendo un rango de 32 a 140 cm, obteniendo un promedio de 77.3 cm de profundidad de las tomas que presentaron fuga. Se puede intuir que las fugas en su mayoría no son provocadas por la poca profundidad, pero, sin embargo, se debe tener un control, para que se instalen las tomas a 50 cm de profundidad mínima.

4.2. Obtención de gastos perdidos por fugas

Procesando la información de los 750 aforos realizados, se obtuvo el gasto medio de fugas en tomas domiciliarias, por zona catastral y para toda la zona metropolitana, basándose en el número de tomas, el porcentaje de probable fuga, el número de tomas aforada y el gasto promedio de las fugas aforadas, todo esto por zona catastral.

El gasto promedio por zona catastral, se puede observar para todas las zonas en el cuadro 4.4, en el cual se pueden apreciar las zonas que tienen el gasto de fuga promedio por toma más elevado son la 46 y la 41 con 0.11274 y 0.07891 lps por toma, respectivamente.

Se aprecia también en este mismo cuadro el promedio de presiones en las tomas domiciliarias, detectandose que en la zona 51 se presenta la presión mas alta, con 2.86 kg/cm², mientras que la menor presión en la zona 27 con 0.27 kg/cm².

En el cuadro 4.4 también se muestran los resultados del cálculo del gasto total por fugas en tomas domiciliarias por zona catastral y el total de la zona metropolitana, destacando los siguientes resultados:

Como se observa en las estadísticas correspondientes a las 750 fugas reparadas, es notable que el sector donde fueron aforadas el mayor número de fugas fue el 20 con 106 fugas. Y las zonas catastrales que resultaron con un valor más elevado en los gastos por fugas en tomas domiciliarias son el 9, 23 y 12 con 232.767, 210.784 y 173.286 lps, respectivamente.

El balance de pérdidas por fugas en tomas domiciliarias en la totalidad de la zona metropolitana indica que la pérdida total por este concepto es de 2,843.37 lps, lo cual representa el 28.76% del gasto total suministrado (9,885 lps).

En los planos 7 y 8 del anexo A, se ilustran los resultados correspondientes a fugas en tomas domiciliarias obtenidos en cada una de las zonas catastrales.

4.3. Revisión del tamaño de la muestra

4.3.1. Inspección en tomas domiciliarias

El reajuste del tamaño de la muestra para inspección de tomas se efectuó durante el desarrollo y al terminar los trabajos de campo, utilizando la ecuación 4.1. Con los datos del porcentaje de tomas con fuga y el número de tomas por zona catastral, cuadro 4.4, se obtiene el tamaño de la muestra reajustado, que resulta de 190, por debajo de las realizadas (2036 tomas), el cálculo por zona catastral se muestra en el cuadro 4.5.

La distribución de los trabajos de campo se fue reajustando durante el desarrollo de los mismos, teniendo finalmente el mostrado en el cuadro 4.2

4.3.2. Aforo de fugas

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

$$s^2_q = \frac{\sum (q_i - q)^2}{N-1}$$

$$n_0 = 4 \frac{s^2_q}{d^2}$$

Donde:

- q_i gasto de cada una de las fugas aforadas, en lps.
- q gasto medio de la muestra de fugas recopilada en campo, en lps
- N número de fugas aforadas
- d error en la estimación, de 3.5%
- n_0 tamaño de la muestra de fugas por aforar

En las primeras revisiones del tamaño de la muestra para aforo de fugas, es decir, las llevadas a cabo durante el desarrollo de los trabajos de campo, resultaban inicialmente tamaños de muestra elevados, sin embargo, a medida que avanzaba el trabajo e incrementaba el volumen de información, este disminuyó hacia el valor finalmente obtenido,

CUADRO 4.4

GASTO TOTAL DE FUGAS EN TOMAS DOMICILIARIAS
EN LA ZONA CONURBADA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JAL.

SECTOR	EDAD DE TUBERIA (AÑOS)	ZONA SOCIO ECONOMICA	PRESSION MEDIA (Kg/cm2)	NUMERO DE TOMAS	TOMAS AFORADAS	% DE TOMAS CON FUGA	GASTO DE FUGA (L/SEG)	GASTO TOTAL DE FUGA (L/SEG)
1	60	MEDIA	0.79	20,753	16	11.48	0.05377	128.104
2	20 - 30	MEDIA	1.15	25,189	10	7.50	0.02887	54.540
3	50 - 60	MEDIA	1.25	25,709	8	17.98	0.01140	52.696
4	35 - 50	MEDIA	0.62	21,350	6	15.63	0.01509	50.355
5	25 - 30	MEDIA	0.89	19,852	6	5.71	0.06268	71.051
6	35	POPULAR	1.25	40,091	54	11.97	0.02863	137.392
7	15 Y 30	POPULAR	0.97	33,232	32	6.19	0.03977	81.809
8	10 - 15	POPULAR	1.19	24,022	13	6.94	0.02982	49.714
9	20 - 25	MEDIA	1.08	28,069	21	18.29	0.04534	232.767
10	15	POPULAR	1.06	26,941	19	19.23	0.03003	155.578
11	15 - 20	RESIDENCIAL	0.89	12,701	5	21.62	0.04781	131.284
12	10 - 40	RESIDENCIAL	1.14	13,749	2	17.50	0.07202	173.286
13	20	RESIDENCIAL	1.04	6,242	2	30.00	0.04167	78.031
14	15	MEDIA	1.25	29,265	44	16.28	0.01251	59.602
15	5 - 10	MEDIA	1.26	21,272	24	11.29	0.05796	139.197
16	10	POPULAR	1.67	11,857	69	14.29	0.04148	70.282
17	20	POPULAR	1.78	27,643	65	8.64	0.03818	91.187
19	10 - 15	POPULAR	1.91	12,606	15	21.62	0.02776	75.658
20	5	POPULAR	1.99	11,589	106	20.51	0.01652	39.266
21	10	POPULAR	2.08	17,220	16	11.76	0.01336	27.055
22	20	POPULAR	1.45	7,128	19	26.67	0.01619	30.778
23	15 - 20	MEDIA	0.58	28,536	16	18.10	0.04081	210.784
24	5-10 Y 16	MEDIA	1.21	21,624	71	27.00	0.01455	84.950
25	20	MEDIA	0.46	26,429	9	28.95	0.02158	165.113
26	20	RESIDENCIAL	1.44	9434	2	16.67	0.04332	68.127
27	10 Y 20	RESIDENCIAL	0.27	6236	1	16.67	0.01194	12.412
28	15	POPULAR	1.25	14533	12	18.18	0.03504	92.579
29	20 - 25	MEDIA	0.45	14808	23	9.30	0.04507	62.068
30	5 - 10	POPULAR	2.29	914	4	26.67	0.03700	9.019
37	10 Y 20	POPULAR	0.9	3559	3	16.67	0.01705	10.114
38	20	MEDIA	0.99	12067	7	8.57	0.06106	63.145
39	5 - 10	MEDIA	2.25	10586	16	25.80	0.00429	11.717
40	10	MEDIA	0.82	9385	8	10.00	0.04092	38.403
41	10	POPULAR	1.32	3774	4	13.33	0.07891	39.698
44	10 Y 25	POPULAR	0.8	4997	3	10.00	0.03029	15.136
46	5 - 10	POPULAR	1.62	1213	3	11.11	0.11274	15.193
50	5 Y 25	POPULAR	1.2	1964	2	13.33	0.03533	9.249
51	5 - 10	POPULAR	2.86	629	5	16.67	0.03230	3.387
52	10	POPULAR	1.7	6999	9	12.90	0.00293	2.645

TOTAL

614,167 750

2843.374

REVISION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE INSPECCION DE PROBABLE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS

ZONA CATASTRAL	Ni NUM. DE TOMAS	Pi % DE TOMAS CON FUGA	Ci
1	20,753	11.48	21,089,397.8
2	25,189	7.50	17,474,868.8
3	25,709	17.98	37,913,566.2
4	21,350	15.63	28,154,311.2
5	19,852	5.17	9,732,861.9
6	40,091	11.97	42,244,652.4
7	33,232	6.19	19,297,287.4
8	24,022	6.94	15,514,282.0
9	28,069	18.29	41,948,444.0
10	26,941	19.23	41,844,952.5
11	12,701	21.62	21,522,804.7
12	13,749	17.50	19,850,118.8
13	6,242	30.00	13,108,200.0
14	29,265	16.28	39,887,071.2
15	21,272	11.29	21,304,671.7
16	11,857	14.29	14,522,405.0
17	27,643	8.64	21,820,013.1
19	12,606	21.62	21,361,820.0
20	11,589	20.51	18,894,009.1
21	17,220	11.76	17,869,235.3
22	7,128	26.67	13,940,308.7
23	28,536	18.07	42,246,837.5
24	21,624	26.98	42,601,001.3
25	26,429	28.95	54,361,744.0
26	9434	16.67	13,104,874.1
27	6236	16.67	8,662,496.8
28	14533	18.18	21,617,657.3
29	14808	9.30	12,490,696.1
30	914	26.67	1,787,519.9
37	3559	16.67	4,943,846.4
38	12067	8.57	9,455,159.4
39	10586	25.81	20,270,537.5
40	9385	10.00	8,446,500.0
41	3774	10.33	3,495,822.6
44	4997	10.00	4,497,300.0
46	1213	11.11	1,197,919.9
50	1964	13.33	2,269,031.0
51	629	16.67	873,750.9
52	6999	12.90	7,864,006.4
SUMA	N= 614,167		759,481,983

n_0 (TAMAÑO DE LA MUESTRA) = 190 TOMAS

$Ci = Ni * Pi (100 - Pi)$

$n_0 = [(1.96)^2 / (N * (5)^2)] * \text{SUM } Ci$

es decir, un tamaño de muestra de 730 aforos, lo cual representa un número inferior al efectuado en campo, que fue de 750 muestras. La tabla de cálculo se muestra a detalle en el cuadro 4.6.

CUADRO 4.6

REVISIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA DE FUGAS POR AFORAR
GUADALAJARA, JAL.

num. aforo	gasto lts/s	gasto mlts/s	(qi-qp)^2	num. aforo	gasto lts/s	gasto mlts/s	(qi-qp)^2	num. aforo	gasto lts/s	gasto mlts/s	(qi-qp)^2
1	0.18076	180.76	22437.60	66	0.00267	2.67	800.97	131	0.03700	37.00	36.39
2	0.01510	15.10	251.66	67	0.00180	1.80	850.78	132	0.03110	31.10	2512.80
3	0.01042	10.42	422.39	68	0.00024	0.24	944.34	133	0.05593	55.93	623.11
4	0.01417	14.17	202.21	69	0.00014	0.14	950.31	134	0.09876	98.76	4595.73
5	0.04666	46.66	246.35	70	0.00333	3.33	763.70	135	0.02399	23.99	48.74
6	0.00105	1.05	894.87	71	0.00028	0.28	941.76	136	0.02517	25.17	33.60
7	0.00122	1.22	884.69	72	0.00050	0.50	928.31	137	0.12150	121.50	8156.02
8	0.14029	140.29	11950.83	73	0.00041	0.41	934.03	138	0.02914	29.14	3.35
9	0.07195	71.95	1679.45	74	0.00014	0.14	950.09	139	0.05339	53.39	502.75
10	0.00072	0.72	915.23	75	0.00194	1.94	842.57	140	0.06241	62.41	989.49
11	0.01439	14.39	274.83	76	0.00250	2.50	810.44	141	0.01435	14.35	276.03
12	0.08671	86.71	3107.38	77	0.00250	2.50	810.44	142	0.02083	20.83	4.56
13	0.17363	173.63	20351.26	78	0.00050	0.50	928.31	143	0.10120	101.20	4932.51
14	0.03818	38.18	52.05	79	0.06403	64.03	1093.35	144	0.00367	3.67	794.24
15	0.02273	22.73	67.88	80	0.00067	0.67	918.04	145	0.07121	71.21	1619.35
16	0.04231	42.31	128.52	81	0.17825	178.25	21693.36	146	0.00022	0.22	945.39
17	0.04704	47.04	258.19	82	0.07760	77.60	2174.15	147	0.19323	193.23	26328.91
18	0.02863	28.63	5.49	83	0.06538	65.38	1184.08	148	0.00053	0.53	926.32
19	0.00471	4.71	689.30	84	0.07040	70.40	1555.00	149	0.05435	54.35	546.75
20	0.00815	6.15	615.90	85	0.07205	72.05	1687.81	150	0.05378	53.78	520.54
21	0.03933	39.33	69.87	86	0.05333	53.33	500.05	151	0.01560	15.60	236.24
22	0.00164	1.64	859.91	87	0.12623	126.23	9073.93	152	0.00060	0.60	922.04
23	0.02082	20.82	103.05	88	0.06783	67.83	1358.63	153	0.00048	0.48	929.70
24	0.06733	67.33	1322.40	89	0.11029	110.29	6292.61	154	0.02207	22.07	79.18
25	0.05267	52.67	470.84	90	0.01174	11.74	369.63	155	0.00006	0.06	955.30
26	0.02039	20.39	111.91	91	0.02793	27.93	9.21	156	0.00064	0.64	919.74
27	0.00420	4.20	716.53	92	0.04792	47.92	287.25	157	0.01121	11.21	390.36
28	0.00551	5.51	648.07	93	0.03337	33.37	5.77	158	0.16036	160.36	16742.46
29	0.01909	19.09	141.06	94	0.00794	7.94	530.43	159	0.06267	62.67	1005.26
30	0.00055	0.55	925.40	95	0.04600	46.00	225.96	160	0.18873	188.73	24887.35
31	0.00106	1.06	894.74	96	0.03587	35.87	24.00	161	0.05300	53.00	485.40
32	0.01023	10.23	429.86	97	0.09489	94.89	4006.57	162	0.05833	58.33	748.83
33	0.00245	2.45	813.29	98	0.09512	95.12	4114.90	163	0.00653	6.53	597.00
34	0.04811	48.11	293.82	99	0.00227	2.27	823.31	164	0.02693	26.93	16.28
35	0.03016	30.16	0.66	100	0.05867	58.67	767.21	165	0.02413	24.13	46.72
36	0.10956	109.56	6176.68	101	0.17551	175.51	20893.65	166	0.01873	18.73	149.69
37	0.02745	27.45	12.38	102	0.00803	8.03	526.14	167	0.01215	12.15	353.95
38	0.01944	19.44	132.80	103	0.01582	15.82	229.33	168	0.01677	16.77	201.66
39	0.01568	15.68	233.79	104	0.00171	1.71	856.12	169	0.01873	18.73	149.73
40	0.09825	98.25	4526.98	105	0.02865	28.65	5.38	170	0.00211	2.11	832.69
41	0.00008	0.08	954.18	106	0.05263	52.63	469.32	171	0.07101	71.01	1602.95
42	0.16347	163.47	17557.53	107	0.07767	77.67	2180.78	172	0.06830	68.30	1393.97
43	0.00781	7.81	545.58	108	0.03252	32.52	2.39	173	0.02329	23.29	58.88
44	0.01829	18.29	160.83	109	0.13276	132.76	10361.97	174	0.02043	20.43	111.09
45	0.09000	90.00	3484.76	110	0.00744	7.44	553.77	175	0.01537	15.37	243.45
46	0.09665	96.65	4314.37	111	0.00928	9.28	470.51	176	0.00233	2.33	820.03
47	0.04400	44.00	169.93	112	0.06618	66.18	1239.62	177	0.02202	22.02	80.12
48	0.01555	15.55	237.60	113	0.15646	156.46	15747.45	178	0.07873	78.73	2281.47
49	0.01877	18.77	148.75	114	0.00017	0.17	948.56	179	0.04412	44.12	172.92
50	0.08667	86.67	3102.32	115	0.00029	0.29	941.08	180	0.01523	15.23	247.58
51	0.00003	0.03	956.86	116	0.00021	0.21	946.17	181	0.03261	32.61	2.70
52	0.00013	0.13	950.89	117	0.00011	0.11	952.31	182	0.03442	34.42	11.89
53	0.00067	0.67	918.18	118	0.00003	0.03	956.87	183	0.03935	39.35	70.26
54	0.00020	0.20	946.90	119	0.00003	0.03	956.99	184	0.02535	25.35	31.59
55	0.00087	0.87	905.93	120	0.00029	0.29	941.10	185	0.02821	28.21	7.61
56	0.00017	0.17	948.67	121	0.00029	0.29	941.10	186	0.02823	28.23	7.52
57	0.00150	1.50	868.37	122	0.02732	27.32	13.34	187	0.09700	97.00	4360.20
58	0.00920	9.20	473.85	123	0.01481	14.81	261.06	188	0.01271	12.71	333.18
59	0.00083	0.83	908.11	124	0.08271	82.71	2677.53	189	0.07094	70.94	1597.67
60	0.00022	0.22	945.85	125	0.01806	18.06	166.68	190	0.03019	30.19	0.61
61	0.00012	0.12	951.39	126	0.03787	37.87	47.60	191	0.10280	102.80	5160.26
62	0.00019	0.19	947.36	127	0.01145	11.45	381.11	192	0.04123	41.23	105.31
63	0.00012	0.12	951.92	128	0.10009	100.09	4778.11	193	0.01727	17.27	187.63
64	0.00020	0.20	946.92	129	0.01225	12.25	350.19	194	0.06600	66.00	1232.70
65	0.00159	1.59	863.02	130	0.08400	84.00	2812.38	195	0.08345	83.45	2754.09

aloro	gasto lit/s	gasto (qi-qp) ^2 mlts/a	num.	gasto lit/s	gasto (qi-qp) ^2 mlts/a	num.	gasto lit/s	gasto (qi-qp) ^2 mlts/a	num.	gasto lit/s	gasto (qi-qp) ^2 mlts/a
196	0.10883	108.83	6062.62	261	0.02409	24.09	36.97	326	0.00689	6.89	579.00
197	0.10246	102.46	5111.08	262	0.02053	20.53	109.05	327	0.00166	1.66	858.69
198	0.00250	2.50	810.44	263	0.16619	166.19	18283.60	328	0.00614	6.14	616.24
199	0.00074	0.74	913.81	264	0.09897	98.97	4624.74	329	0.01422	14.22	280.43
200	0.00010	0.10	952.77	265	0.00058	0.58	923.36	330	0.00300	3.00	782.22
201	0.00003	0.03	957.10	266	0.00003	0.03	953.88	331	0.02000	20.00	120.30
202	0.00030	0.30	940.33	267	0.00037	0.37	905.76	332	0.01467	14.67	265.79
203	0.00005	0.05	955.82	268	0.00036	0.36	936.65	333	0.01793	17.93	170.01
204	0.00040	0.40	934.64	269	0.03356	33.56	6.69	334	0.20455	204.55	30128.92
205	0.00042	0.42	933.40	270	0.10545	105.45	5547.55	335	0.03555	35.55	20.99
206	0.00008	0.08	953.94	271	0.02633	26.33	21.48	336	0.00038	0.38	935.62
207	0.00007	0.07	954.63	272	0.01600	16.00	224.05	337	0.00036	0.36	936.92
208	0.00067	0.67	917.96	273	0.07611	76.11	2037.73	338	0.03745	37.45	42.03
209	0.00031	0.31	940.20	274	0.05244	52.44	461.15	339	0.03461	34.61	13.25
210	0.00016	0.16	949.27	275	0.00089	0.89	904.77	340	0.02228	22.28	75.49
211	0.00023	0.23	945.07	276	0.00308	3.08	777.95	341	0.00654	6.54	596.93
212	0.00027	0.27	515.25	277	0.00120	1.20	886.08	342	0.12412	124.12	8677.94
213	0.00020	0.20	946.72	278	0.00022	0.22	945.33	343	0.15139	151.39	14500.70
214	0.00094	0.94	901.65	279	0.00050	0.50	928.43	344	0.01833	18.33	159.64
215	0.00015	0.15	949.89	280	0.00165	1.65	859.35	345	0.06563	65.63	1201.10
216	0.00010	0.10	952.81	281	0.00029	0.29	940.90	346	0.01103	11.03	397.55
217	0.02997	29.97	1.00	282	0.00133	1.33	878.47	347	0.00006	0.06	955.39
218	0.00343	3.43	758.57	283	0.00415	4.15	719.03	348	0.00026	0.26	943.21
219	0.00750	7.50	550.75	284	0.04113	41.13	103.35	349	0.00022	0.22	945.66
220	0.00164	1.64	860.08	285	0.09662	96.62	4309.94	350	0.03764	37.64	44.53
221	0.00150	1.50	868.34	286	0.02048	20.48	109.98	351	0.03029	30.29	0.46
222	0.00005	0.05	955.68	287	0.17845	178.45	21749.72	352	0.00005	0.05	956.08
223	0.00943	9.43	464.06	288	0.05275	52.75	474.36	353	0.00005	0.05	956.08
224	0.00010	0.10	952.86	289	0.21574	215.74	34141.60	354	0.00012	0.12	951.58
225	0.00146	1.46	870.74	290	0.14104	141.04	12115.59	355	0.00033	0.33	938.65
226	0.00279	2.79	794.15	291	0.00249	2.49	811.15	356	0.00012	0.12	951.75
227	0.00026	0.26	942.81	292	0.00017	0.17	948.81	357	0.00048	0.48	929.23
228	0.00761	7.61	545.70	293	0.00247	2.47	811.95	358	0.00011	0.11	952.31
229	0.00006	0.06	955.60	294	0.00941	9.41	464.07	359	0.00050	0.50	928.31
230	0.00256	2.56	807.14	295	0.00001	0.01	958.35	360	0.00005	0.05	955.07
231	0.00050	0.50	928.27	296	0.02553	25.53	29.61	361	0.00294	2.94	785.51
232	0.00086	0.86	906.51	297	0.01154	11.54	377.35	362	0.00021	0.21	946.23
233	0.00003	0.03	956.96	298	0.05827	58.27	745.39	363	0.00625	6.25	610.99
234	0.00182	1.82	849.61	299	0.00839	8.39	509.58	364	0.00014	0.14	950.10
235	0.01883	18.83	205.53	300	0.03239	32.39	2.02	365	0.00032	0.32	939.09
236	0.11873	118.73	7701.44	301	0.14143	141.43	12201.33	366	0.00013	0.13	951.00
237	0.01752	17.52	180.99	302	0.00017	0.17	948.80	367	0.00075	0.75	913.14
238	0.01561	15.61	235.84	303	0.00033	0.33	938.53	368	0.00060	0.60	922.22
239	0.00743	7.43	554.16	304	0.00594	5.94	626.53	369	0.00133	1.33	878.22
240	0.02323	23.23	59.89	305	0.00074	0.74	913.61	370	0.00032	0.32	939.15
241	0.18290	182.90	23082.95	306	0.01510	15.10	249.13	371	0.12250	122.50	8378.08
242	0.13546	135.46	10918.55	307	0.09711	97.11	4375.10	372	0.02893	28.93	4.15
243	0.00007	0.07	954.56	308	0.04396	43.96	168.83	373	0.00418	4.18	717.41
244	0.07304	73.04	1769.64	309	0.05530	55.30	591.99	374	0.03943	39.43	71.65
245	0.09605	96.05	4235.27	310	0.09881	98.81	4602.69	375	0.00859	8.59	500.60
246	0.15740	157.40	15984.33	311	0.08025	80.25	2428.27	376	0.00113	1.13	890.12
247	0.00940	9.40	465.27	312	0.10544	105.44	5545.33	377	0.08288	82.88	2694.84
248	0.00249	2.49	811.23	313	0.04329	43.29	151.93	378	0.02453	24.53	41.51
249	0.00535	5.35	656.12	314	0.02973	29.73	1.52	379	0.01755	17.55	180.15
250	0.08392	83.92	2803.47	315	0.02849	28.49	6.16	380	0.03411	34.11	9.90
251	0.06484	64.84	1147.09	316	0.00543	5.43	652.22	381	0.00601	6.01	622.86
252	0.09617	96.17	4251.31	317	0.02573	25.73	27.43	382	0.00619	6.19	613.93
253	0.10056	100.56	4842.82	318	0.01120	11.20	390.68	383	0.03826	38.26	63.10
254	0.01979	19.79	1124.99	319	0.06067	60.67	881.96	384	0.05914	59.14	793.55
255	0.00500	6.00	623.36	320	0.07800	78.00	2211.99	385	0.19459	194.59	26773.58
256	0.04501	45.01	197.28	321	0.07352	73.52	1810.88	386	0.12325	123.25	8515.81
257	0.01047	10.47	419.98	322	0.11206	112.06	6575.40	387	0.04350	43.50	156.97
258	0.01800	18.00	143.24	323	0.04644	46.44	239.37	388	0.25000	250.00	47974.95
259	0.14833	148.33	19774.51	324	0.04577	45.77	219.15	389	0.04533	45.33	206.35
260	0.05882	58.82	775.95	325	0.11800	118.00	7574.54	390	0.06197	61.97	961.31

num.	gasto	gasto	(qi-qp)^2	num.	gasto	gasto	(qi-qp)^2	num.	gasto	gasto	(qi-qp)^2
aloro	lts/s	mlts/s		aloro	lts/s	mlts/s		aloro	lts/s	mlts/s	
391	0.02490	24.90	36.83	456	0.07034	70.34	1549.75	521	0.00035	0.35	937.43
392	0.01132	11.32	306.03	457	0.00298	2.98	783.62	522	0.00141	1.41	873.80
393	0.12188	121.88	8265.15	458	0.00798	7.98	528.50	523	0.00018	0.18	948.16
394	0.14400	144.00	12776.20	459	0.00134	1.34	877.75	524	0.00026	0.26	943.01
395	0.05000	50.00	362.21	460	0.03621	36.21	27.48	525	0.00022	0.22	945.36
396	0.10933	109.33	6141.05	461	0.03621	36.21	27.48	526	0.00011	0.11	952.19
397	0.06631	66.31	1248.76	462	0.00987	9.87	445.13	527	0.00012	0.12	951.86
398	0.05239	52.39	459.00	463	0.00833	8.33	510.13	528	0.00310	3.10	776.65
399	0.02325	23.25	59.53	464	0.01874	18.74	149.58	529	0.04806	48.06	292.15
400	0.02610	26.10	23.68	465	0.01139	11.39	383.23	530	0.00751	7.51	550.49
401	0.00203	2.03	837.28	466	0.02107	21.07	98.05	531	0.06811	68.11	1379.67
402	0.01513	15.13	250.91	467	0.01339	13.39	308.96	532	0.00767	7.67	542.62
403	0.00353	3.53	753.00	468	0.00357	3.57	750.82	533	0.05213	52.13	447.87
404	0.03026	30.26	0.50	469	0.01040	10.40	422.94	534	0.00961	9.61	456.15
405	0.01961	19.61	129.06	470	0.00471	4.71	689.54	535	0.00041	0.41	933.58
406	0.05143	51.43	418.69	471	0.04151	41.51	111.13	536	0.00119	1.19	886.70
407	0.01831	18.31	160.33	472	0.00083	0.83	908.17	537	0.00035	0.35	937.76
408	0.01400	14.00	287.92	473	0.00053	0.53	926.39	538	0.00004	0.04	956.69
409	0.01614	16.14	219.81	474	0.06406	64.06	1095.04	539	0.00109	1.08	893.06
410	0.00441	4.41	705.24	475	0.00033	0.33	938.61	540	0.01139	11.39	383.21
411	0.07356	73.56	1814.38	476	0.00339	3.39	760.29	541	0.00020	0.20	946.68
412	0.00011	0.11	952.39	477	0.01078	10.78	407.56	542	0.00143	1.43	872.31
413	0.00281	2.81	792.81	478	0.01572	15.72	232.41	543	0.00192	1.92	843.84
414	0.00083	0.83	908.16	479	0.00000	0.00	958.81	544	0.00023	0.23	944.65
415	0.09960	99.60	4710.33	480	0.00401	4.01	726.63	545	0.06070	60.70	883.86
416	0.00405	4.05	724.86	481	0.00280	2.80	793.44	546	0.00056	0.56	924.79
417	0.00199	1.99	839.73	482	0.00656	6.56	595.76	547	0.00066	0.66	918.51
418	0.00191	1.91	844.54	483	0.00579	5.79	634.01	548	0.00030	0.30	940.56
419	0.00118	1.18	887.57	484	0.01076	10.76	408.24	549	0.16172	161.72	17095.00
420	0.01009	10.09	435.94	485	0.00072	0.72	915.16	550	0.00003	0.03	957.16
421	0.00361	3.61	748.63	486	0.00251	2.51	809.62	551	0.00191	1.91	844.28
422	0.00025	0.25	943.82	487	0.01593	15.93	226.30	552	0.05383	53.83	522.56
423	0.00095	0.95	900.92	488	0.00658	6.58	594.84	553	0.03276	32.76	3.21
424	0.00312	3.12	775.36	489	0.00481	4.81	684.17	554	0.08631	86.31	3062.72
425	0.00245	2.45	813.51	490	0.01921	19.21	139.19	555	0.04100	41.00	100.64
426	0.00055	0.55	925.29	491	0.00333	3.33	764.13	556	0.02357	23.57	54.74
427	0.00359	3.59	749.40	492	0.00332	3.32	764.52	557	0.07740	77.40	2155.92
428	0.01200	12.00	359.79	493	0.01566	15.66	234.25	558	0.01077	10.77	408.13
429	0.00211	2.11	832.55	494	0.02709	27.09	15.02	559	0.01312	13.12	318.45
430	0.00185	1.85	847.93	495	0.00126	1.26	882.76	560	0.00730	7.30	560.10
431	0.01290	12.90	326.40	496	0.17544	175.44	20871.54	561	0.00515	5.15	666.49
432	0.00086	0.86	906.39	497	0.35780	357.80	106822.26	562	0.08015	80.15	2419.02
433	0.00071	0.71	915.80	498	0.00532	5.32	657.88	563	0.06594	65.94	1222.81
434	0.00322	3.22	769.89	499	0.00271	2.71	798.74	564	0.04733	47.33	287.71
435	0.00226	2.26	824.45	500	0.00024	0.24	944.25	565	0.02314	23.14	61.26
436	0.00012	0.12	951.49	501	0.16626	166.26	18303.88	566	0.01284	12.84	328.48
437	0.00064	0.64	919.87	502	0.00749	7.49	551.32	567	0.11681	116.81	7368.17
438	0.01725	17.25	180.19	503	0.00071	0.71	915.60	568	0.00935	9.35	467.24
439	0.01294	12.94	325.06	504	0.00283	2.83	791.96	569	0.17582	175.82	20982.35
440	0.00271	2.71	798.47	505	0.00036	0.36	936.98	570	0.00005	0.05	955.63
441	0.01306	13.06	320.88	506	0.00713	7.13	568.05	571	0.00016	0.16	949.16
442	0.00400	4.00	727.28	507	0.00763	7.63	544.50	572	0.00342	3.42	759.01
443	0.00049	0.49	928.65	508	0.01396	13.96	289.38	573	0.00008	0.08	954.01
444	0.01775	17.75	174.72	509	0.00314	3.14	774.31	574	0.00092	0.92	902.75
445	0.00663	6.63	592.46	510	0.00180	1.80	850.87	575	0.00009	0.09	953.65
446	0.00654	6.54	596.52	511	0.00069	0.69	916.64	576	0.00033	0.33	938.57
447	0.00106	1.06	894.77	512	0.02193	21.93	81.75	577	0.00012	0.12	951.61
448	0.01263	12.63	336.17	513	0.03622	36.22	27.61	578	0.00039	0.39	934.78
449	0.00710	7.10	569.79	514	0.06568	65.68	1205.01	579	0.07842	78.42	2251.83
450	0.00007	0.07	954.88	515	0.04230	42.30	128.34	580	0.00033	0.33	938.64
451	0.00250	2.50	810.49	516	0.00360	3.60	749.13	581	0.00012	0.12	951.34
452	0.00141	1.41	873.74	517	0.00827	8.27	515.05	582	0.00017	0.17	948.62
453	0.01004	10.04	437.92	518	0.02158	21.58	88.17	583	0.00045	0.45	931.20
454	0.00590	5.90	658.98	519	0.00168	1.68	857.59	584	0.00045	0.45	931.31
455	0.00022	0.22	945.39	520	0.00128	1.28	881.27	585	0.00021	0.21	946.24

aforo	gasto lts/a	gasto mlts/a	(qi-qp)^2	num. aforo	gasto lts/a	gasto mlts/a	(qi-qp)^2
586	0.00002	0.02	957.75	651	0.01194	11.94	361.99
587	0.00002	0.02	957.77	652	0.04631	46.31	235.39
588	0.00013	0.13	930.71	653	0.00855	8.55	502.62
589	0.05385	53.85	523.40	654	0.00101	1.01	897.46
590	0.00012	0.12	951.89	655	0.03288	32.88	3.67
591	0.00006	0.06	955.07	656	0.01698	16.98	195.64
592	0.00065	0.65	919.19	657	0.11429	114.29	6941.86
593	0.00043	0.43	932.52	658	0.09900	99.00	4628.06
594	0.00008	0.08	954.09	659	0.00403	4.03	725.59
595	0.00004	0.04	956.49	660	0.05233	52.33	456.16
596	0.00040	0.40	934.72	661	0.01282	12.82	329.54
597	0.00014	0.14	950.44	662	0.00667	6.67	590.55
598	0.00004	0.04	956.30	663	0.02559	25.59	28.96
599	0.00032	0.32	939.31	664	0.00006	0.06	955.07
600	0.00042	0.42	933.50	665	0.05704	57.04	679.53
601	0.00037	0.37	936.43	666	0.03840	38.40	55.26
602	0.00008	0.08	954.28	667	0.05219	52.19	450.28
603	0.00019	0.19	947.08	668	0.02822	28.22	7.56
604	0.00088	0.88	905.54	669	0.01778	17.78	173.93
605	0.00008	0.08	953.88	670	0.03493	34.93	15.67
606	0.00036	0.36	937.00	671	0.01478	14.78	261.97
607	0.00161	1.61	861.74	672	0.06383	63.83	1079.70
608	0.00002	0.02	957.53	673	0.07149	71.49	1642.21
609	0.00030	0.30	940.82	674	0.00014	0.14	950.07
610	0.00012	0.12	951.73	675	0.11143	111.43	6473.87
611	0.00008	0.08	953.78	676	0.01695	16.95	196.53
612	0.00081	0.81	909.53	677	0.05846	58.46	756.03
613	0.00010	0.10	952.90	678	0.02245	22.45	72.56
614	0.00010	0.10	953.15	679	0.12000	120.00	7926.67
615	0.00029	0.29	941.03	680	0.03221	32.21	1.53
616	0.00194	1.94	842.52	681	0.03504	35.04	16.56
617	0.00254	2.54	807.99	682	0.00423	4.23	714.73
618	0.00013	0.13	950.81	683	0.02037	20.37	112.22
619	0.00043	0.43	932.52	684	0.12836	128.36	9485.62
620	0.07711	77.11	2129.10	685	0.09554	95.54	4169.70
621	0.01857	18.57	153.77	686	0.01259	12.59	337.58
622	0.00017	0.17	948.77	687	0.02002	20.02	119.86
623	0.00011	0.11	952.04	688	0.00779	7.79	537.06
624	0.00009	0.09	953.58	689	0.05559	55.59	606.19
625	0.00010	0.10	952.90	690	0.06459	64.59	1130.73
626	0.00008	0.08	953.89	691	0.02458	24.58	40.80
627	0.00027	0.27	942.50	692	0.02190	21.90	82.15
628	0.00676	6.76	585.99	693	0.00466	4.66	692.37
629	0.00413	4.13	720.13	694	0.16550	165.50	10099.89
630	0.00952	9.52	459.98	695	0.00024	0.24	944.28
631	0.00013	0.13	950.81	696	0.05450	54.50	553.75
632	0.00008	0.08	953.89	697	0.15721	157.21	15935.74
633	0.00241	2.41	815.40	698	0.01376	13.76	296.07
634	0.00006	0.06	955.62	699	0.02817	28.17	7.81
635	0.00028	0.28	941.52	700	0.00803	8.03	526.30
636	0.00010	0.10	952.90	701	0.00087	0.87	905.64
637	0.23734	237.34	42590.17	702	0.00459	4.59	695.97
638	0.16499	164.99	17961.59	703	0.00098	0.98	899.24
639	0.18182	181.82	22755.68	704	0.00045	0.45	931.33
640	0.03377	33.77	7.85	705	0.00015	0.15	949.86
641	0.00941	9.41	464.63	706	0.00043	0.43	932.75
642	0.00442	4.42	704.57	707	0.01349	13.49	305.49
643	0.00533	5.33	657.47	708	0.00009	0.09	953.45
644	0.02459	24.59	40.69	709	0.01843	18.43	157.10
645	0.03200	32.00	1.06	710	0.00168	1.68	857.61
646	0.01489	14.89	258.57	711	0.00005	0.05	955.79
647	0.04210	42.10	123.92	712	0.00001	0.01	958.24
648	0.02768	27.68	10.80	713	0.00015	0.15	949.69
649	0.08499	84.99	2918.38	714	0.00174	1.74	854.20
650	0.00165	1.65	859.47	715	0.02121	21.21	95.24

SUM 23.2261 SUM 1674614

qp = 0.03097 = 30.988

$Sq^2 = (SUM(qi-qp)^2) / (N-1)$

En donde el valor de N = 750

$Sq^2 = 2235.8$

El valor de No = $4 * Sq^2 / d^2$

En donde d = 3.5

No = 730 AFOROS

5. EVALUACION DE FUGAS EN LA RED

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

$$(5.1) \quad V_{fr} = CT - VC - V_{fd}$$

donde :

- V_{fr} volumen de fugas en la red
- CT volumen entregado al Distrito Pitométrico
- VC volumen real consumido en el DP
- V_{fd} volumen de fuga en tomas domiciliarias en el DP.

Para efectuar este cálculo se establecieron 9 DPs, los cuales son representativos de las zonas socioeconómicas Residencial, Media y Popular y las zonas Comercial e Industrial.

El volumen de agua entregado al Distrito Pitométrico, CT, es el obtenido por medio de aforos realizados con equipo de pitometría y registradores de gasto continuo, durante 24 hrs, en 7 días.

Para conocer el consumo per-cápita y el total consumido por el Distrito, (VC), se requirió hacer un estudio de consumos, mediante la instalación y lecturas semanales de 30 micromedidores calibrados en cada uno, además de realizar el censo de las viviendas incluidas en cada distrito, para conocer el índice de hacinamiento real.

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

5.1. Trabajos preliminares.

5.1.1. Información básica.

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

- 1.- El plano general de la red de tuberías para poder determinar, por medio de este, las

factibilidades de seccionamiento en cada uno de los distritos. Para elegirlos se requirió del procesamiento de la siguiente información para determinar las condiciones homogéneas en cada uno. El plano general de la red se clasificó por tipo de tubería, el cual no causó ningún problema desde este punto de vista, ya que, en su mayoría se compone de asbesto-cemento, esta distribución de la red por tipo de tubería se ilustra en el plano 5 del anexo A.

Para clasificar el plano general de la red de tubería por edad, primero fue proporcionado un listado de las fechas de instalación de la red por colonias, las cuales se plasmaron en un plano hasta observarse zonas de igual antigüedad, este se ilustra en el plano 6 del anexo A.

- 2.- El uso del suelo, el cual nos permite identificar a que clase socioeconómica pertenece cada distrito (Residencial, Media y Popular) y comerciales e industriales, para dar seguimiento al estudio según sea su nivel económico; en el plano 3 del anexo A, se observa esta clasificación de la Zona Metropolitana.
- 3.- Para determinar el régimen de presión homogénea de cada uno de estos distritos, se realizó un sondeo de presiones en distintos puntos, en la llave de jardín de las viviendas con un manómetro tipo Bourdon.
- 4.- La instalación de los 30 micromedidores, con objeto de conocer los consumos reales de los usuarios, a través de lecturas semanales en los mismos.
- 5.- La disponibilidad del equipo de pitometría, para realizar el aforo en la tubería de suministro al distrito y conocer el consumo real.

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

5.1.2. Selección y diseño de Distritos Pitométricos

Tomando como base la información técnica proporcionada por el Organismo Operador, y realizando recorridos de 15 Distritos Pitométricos elegidos preliminarmente, se seleccionaron 9 definitivos, los cuales cumplieron las características tanto socioeconómicas y factibilidad de aislarse por medio de válvulas limítrofes; en el plano 9 del anexo A, se ilustra la ubicación de estos 9 distritos definitivos en la ZMG.

Los elementos esenciales que se consideraron para la elección de los Distritos Pitométricos son los siguientes: Características del uso de suelo, doméstico (Residencial, Media y Popular), Comercial e Industrial. La presión en el Distrito debe ser aproximadamente la

misma (régimen de presión constante), para lo cual en la mayoría de éstos se seccionaron mediante obstrucciones en las válvulas denominados "comales", los cuales son porciones de lámina adaptadas a las bridas de las válvulas, con lo que se asegura el seccionamiento de la red. Asimismo se identifica en un plano de la ciudad, tanto el sentido del flujo, la ubicación de las válvulas limítrofes y las características de la red.

Las actividades necesarias para la instalación de los equipos de medición y sus aforos, así como sus principales características y los correspondientes problemas, que se suscitaron se describen a continuación, para cada uno de los Distritos Pitométricos.

5.1.2.1.DISTRITOS PITOMETRICOS CLASE RESIDENCIAL

Distrito "4-Z"

Este Circuito se encuentra enclavado en la colonia Conjunto Patria, en el Municipio de Zapopan. La estación de medición de este distrito se localiza en la esquina formada por las calles de M. Avila Camacho y Lábaro Patrio (ver plano 10 del anexo A).

La tubería de alimentación al distrito es de asbesto-cemento de 4" de diámetro nominal.

Comprendiendo 1565 m de red de distribución con 1310 m de tubería de 4" y 255 m de 3".

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este Distrito fueron los siguientes:

647 hab/DP

4.89 hab/toma

Distrito "10-H"

Este distrito se encuentra limitado por las calles Av. A. López Mateos, Hernán Cortéz, Av. México y Nelson, en la colonia Vallarta del sector Hidalgo. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada , en Av. México sobre camellón entre Juana de Arco y Napoleón (ver plano 11 del anexo A).

La tubería de alimentación al distrito es de asbesto-cemento de 8" de diámetro nominal, con 5392 m de red de distribución de los cuales 3426 m son de 4" y 1966 m de 6".

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este Distrito fueron los siguientes:

1,989 hab/DP

5.08 hab/toma

Distrito "23-H"

Este distrito se encuentra limitado por las calles Av. Plan de San Luis, Ignacio Ramírez y Calz. Circunvalación Providencia, en la colonia Country Chapultepec del sector Hidalgo. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada en la esquina formada por las calles de Plan de San Luis y Andrés Terán (ver plano 12 del anexo A) .

La tubería de alimentación al distrito es de asbesto-cemento, de 4" de diámetro nominal. con 5566 m de red de distribución de los cuales 5101 m son de 4" y 465 m de 6".

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este distrito fueron los siguientes:

2,206 hab/DP

3.96 hab/toma

5.1.2.2. DISTRITOS PITOMETRICOS ZONA MEDIA

Distrito "19-H"

Este distrito se encuentra limitado por las calles Juan de Dios Robledo, Sebastian Allende, Juan Subaran y Circunvalación Div. del Norte, en la colonia Jardines Alcalde del sector Hidalgo. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada en la calle de A. González entre Ramos Praslow y Circunvalación Div. del Norte. Teniendo tubería de alimentación de asbesto-cemento y 4" de diámetro nominal y longitud de la red de distribución de 2250 m de tubería de 4" en su totalidad (ver plano 13 del anexo A).

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este Distrito se muestran a continuación:

1,768 hab/DP

4.99 hab/toma

Distrito "11-R"

Este distrito se encuentra limitado por las calles Nicolas Hornelas, Alfaro y Piña, Rio Nilo, Diego Duran , H. Alvarado Tezozómoc y López de Camara, en la colonia Jardines de la Paz del sector Reforma. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada en la esquina formada por las calles de Luis Alfaro y Piña esquina con Fray N. Hornelas. Teniendo tubería de alimentación de asbesto-cemento y 4" de diámetro nominal y longitud

de la red de distribución de 2720 m de tubería de 4" en su totalidad (ver plano 14 del anexo A).

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este distrito se muestran a continuación:

1,447 hab/DP

4.1 hab/toma

5.1.2.3. DISTRITOS PITOMETRICOS ZONA POPULAR

Distrito "5-L"

Este distrito se encuentra limitado por las calles Belisario Domínguez, Paseo Bohemio y Mesa Central, en la colonia Belisario Domínguez del sector Libertad. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada en la esquina formada por las calles de Belisario Domínguez y Paseo Bohemio. Teniendo tubería de alimentación de asbesto-cemento y 6" de diámetro nominal y longitud de la red de distribución de 4310 m de tubería, de los cuales 1750 m son de 3", 2140 m de 4" y 420 m de 6" (ver plano 15 del anexo A).

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este distrito se muestran a continuación:

4,114 hab/DP

5.1 hab/toma

Distrito "RN"

Este distrito se encuentra limitado por las calles Martín González, Rafael de la Vega, Manuel M. Lombardini y Daniel Larios Cárdenas, en la colonia Rancho Nuevo del sector Hidalgo. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada en la esquina formada por las calles de Martín González y Mariano Balleza. Teniendo tubería de alimentación de asbesto-cemento y 4" de diámetro nominal y longitud de la red de distribución de 1612 m de tubería, de los cuales 1248 m son de 4", 180 m de 6" y 174 m de 8" (ver plano 16 del anexo A).

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este distrito se muestran a continuación:

1,740 hab/DP

5.65 hab/toma

5.1.2.4. DISTRITO PITOMETRICO ZONA COMERCIAL

DISTRITO "I-J"

Este Distrito se encuentra limitado por las calles Colon, E. González Martínez, Prisciliano Sánchez y Av. Juárez, en la colonia Americana del sector Juárez. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada en la esquina formada por las calles de Ocampo y Francisco I. Madero. Teniendo tubería de alimentación de Fo.Fo. con 4" de diámetro nominal y longitud de la red de distribución de 3530 m de tubería, de los cuales 3030 m son de 4" y 500 m de 12" (ver plano 17 del anexo A).

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este Distrito se muestran a continuación:

154 tomas/DP

5.1.2.5. DISTRITO PITOMETRICO ZONA INDUSTRIAL

DISTRITO "19-J"

Este distrito se encuentra limitado por las calles 22, Lázaro Cárdenas, calle 7 y calle 10 en la colonia Industrial del sector Juárez. La estación de medición de este distrito se encuentra ubicada en la esquina formada por las calles de 22 y 5. Se instala equipo de medición sobre línea de 8" de diámetro nominal de A-C y longitud de la red de distribución de 6080 m de tubería, de los cuales 1800 m son de 4", 1800 m de 6" y 2480 m de 8" (ver plano 18 del anexo A).

Los datos obtenidos mediante el censo realizado en este distrito se muestran a continuación:

80 tomas/DP

5.2. Trabajos de Campo

5.2.1. Sondeos de Presión en los Distritos Pitométricos

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

5.2.2. Inspección de válvulas limítrofes

Para tener una mejor apreciación de la red de agua potable y del funcionamiento de las válvulas limítrofes, el personal del Organismo Operador realizó un levantamiento físico de todas las cajas de válvulas existentes en la red de agua potable de cada DP, teniendo que localizar y desazolvar varias de las cajas para poder manipularlas, en algunas ocasiones se les dió mantenimiento a dichas válvulas o en su defecto se instalaron nuevas, tal es el caso del Distrito 1-J y, el 19-J en donde se instaló una de 20", para tener un mejor control del seccionamiento del mismo, en el resto de los distritos el seccionamiento no se realizó por medio de válvulas limítrofes, dado que no se tenía conocimiento exacto de su funcionamiento, para optimizar el tiempo de instalación del equipo de pitometría, en vez de cambiar las válvulas limítrofes, se optó por instalar obstrucciones (comales).

5.2.3. Verificación del Aislamiento de los Distritos Pitométricos

El aislamiento de los distritos pitométricos en algunos cruceros consistió en su taponamiento, mediante colocación de piezas de lámina calibre 18, denominados "COMALES", con este tipo de implantaciones se asegura la obstrucción del flujo hidráulico, en otros casos las válvulas limítrofes se ajustaron para que la compuerta pudiera realizar su buen funcionamiento, posteriormente se procedió a realizar una prueba de cierre del distrito, la cual consiste en tomar la presión en puntos diversos del distrito, de preferencia en los más alejados de la alimentación, posteriormente cerrar la única entrada de alimentación, volviendo a tomar la presión en los sitios antes mencionados, asegurándose que la presión disminuya notablemente hasta registrar una presión nula, al cabo de un tiempo razonable. Cuando en el interior del distrito se encontraban válvulas contraincendio se abrían hasta que la tubería quedara vacía.

5.2.4. Instalación de Micromedidores Domiciliarios

Dentro de cada distrito se instalaron 30 micromedidores nuevos, eligiendo su ubicación aleatoriamente, siempre y cuando se localizaran dentro del mismo. A estos medidores se les tomó una lectura semanalmente, además de realizar el censo de cada una de las viviendas incluidas dentro del distrito. De esta manera se obtuvo el consumo real de cada uno de los domicilios, con objeto de definirlos por clase socioeconómica para extrapolar posteriormente al total de cada zona catastral.

5.3. Medición global del consumo

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

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

$$Q = F_v C_0 C_i C_p A V_c$$

Donde:

Q gasto, en m³/s

F_v factor de velocidad

C₀ factor de corrección del diámetro (diám. real/diám. nominal)

C_i corrección por intrusión de la valvula de inserción (tablas, del manual de aforo con tubo pitot)

C_p corrección por obstrucción del pitot (tablas del manual de aforo con tubo pitot)

A área nominal de la tubería

V_c velocidad central (m/s)

$$V_c = \sqrt{2gh(d-1)}$$

g aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

h diferencia de presión marcada en el manómetro diferencial

d densidad del líquido manométrico.

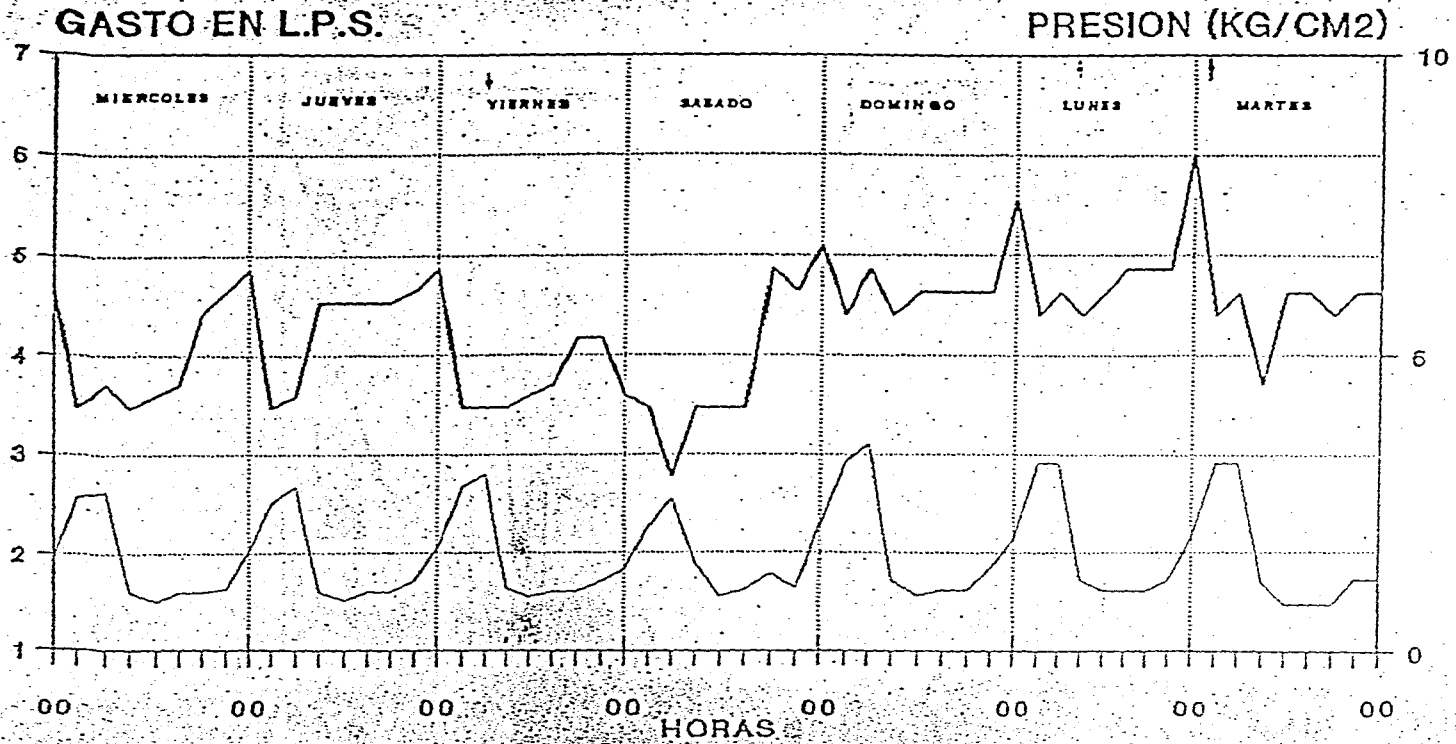
Se hizo la medición del consumo cada 15 minutos y global de cada uno de los Distritos Pitométrico, durante las 24 horas de 7 días .

Se muestra de la lámina 5.1 a la 5.9, la variación del consumo durante los 7 días en cada uno de los distritos pitométricos. Destacando en el distrito 19-J, que la variación del consumo casi permanece similar al consumo promedio, esto debido a que el consumo de éste es continuo durante las 24 hrs.

Distrito Pitométrico "4 Z"

ZONA POPULAR

Guadalajara Jal.



GASTO lps
 PRESION Kg/cm²

Distrito Pitométrico "10 H"

ZONA RESIDENCIAL

Guadalajara, Jal.

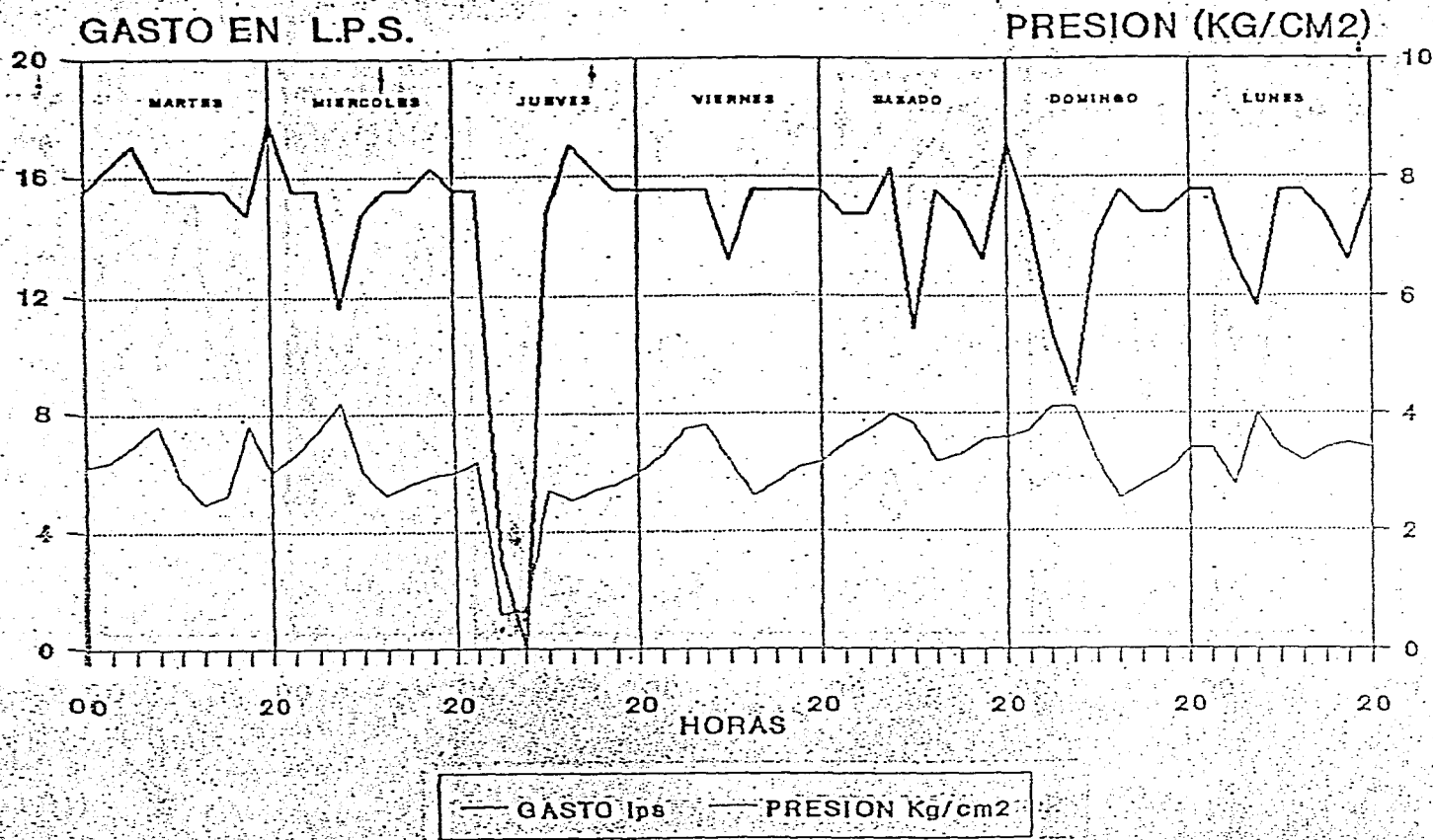
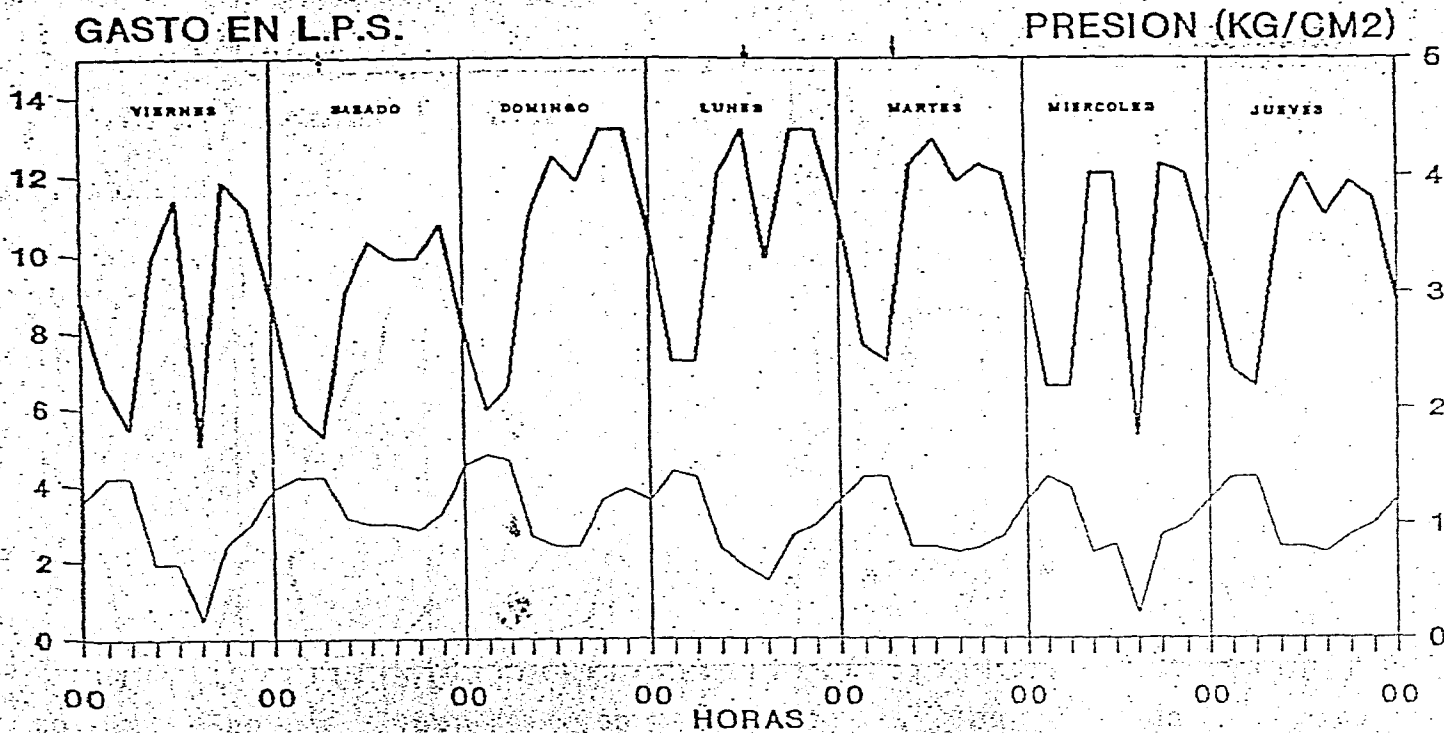


Lámina 5.2

Distrito Pitométrico "23 H"

ZONA POPULAR

Guadalajara Jal.

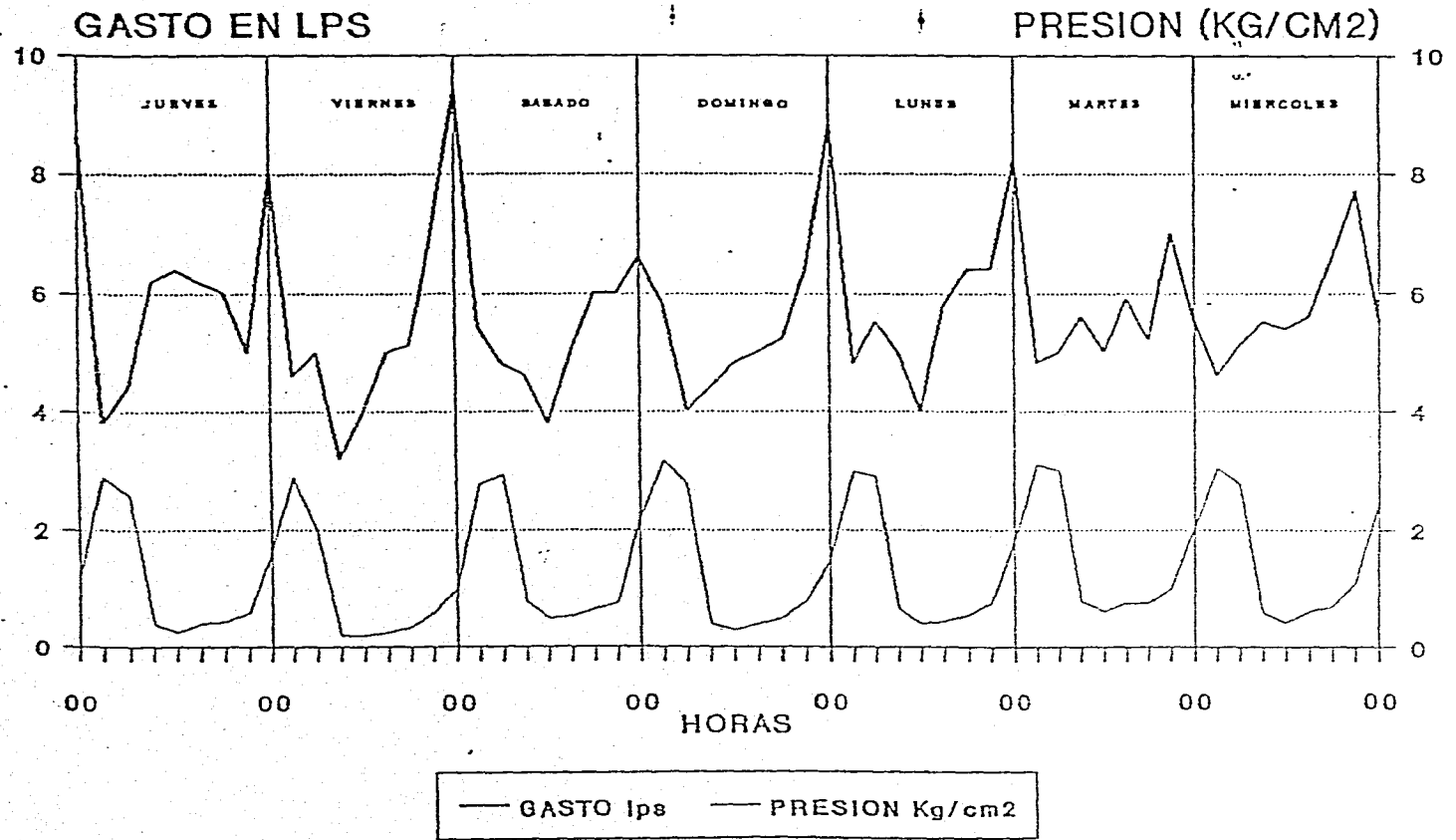


GASTO Ips
 PRESION Kg/cm2

Distrito Pitométrico "19 H"

ZONA RESIDENCIAL

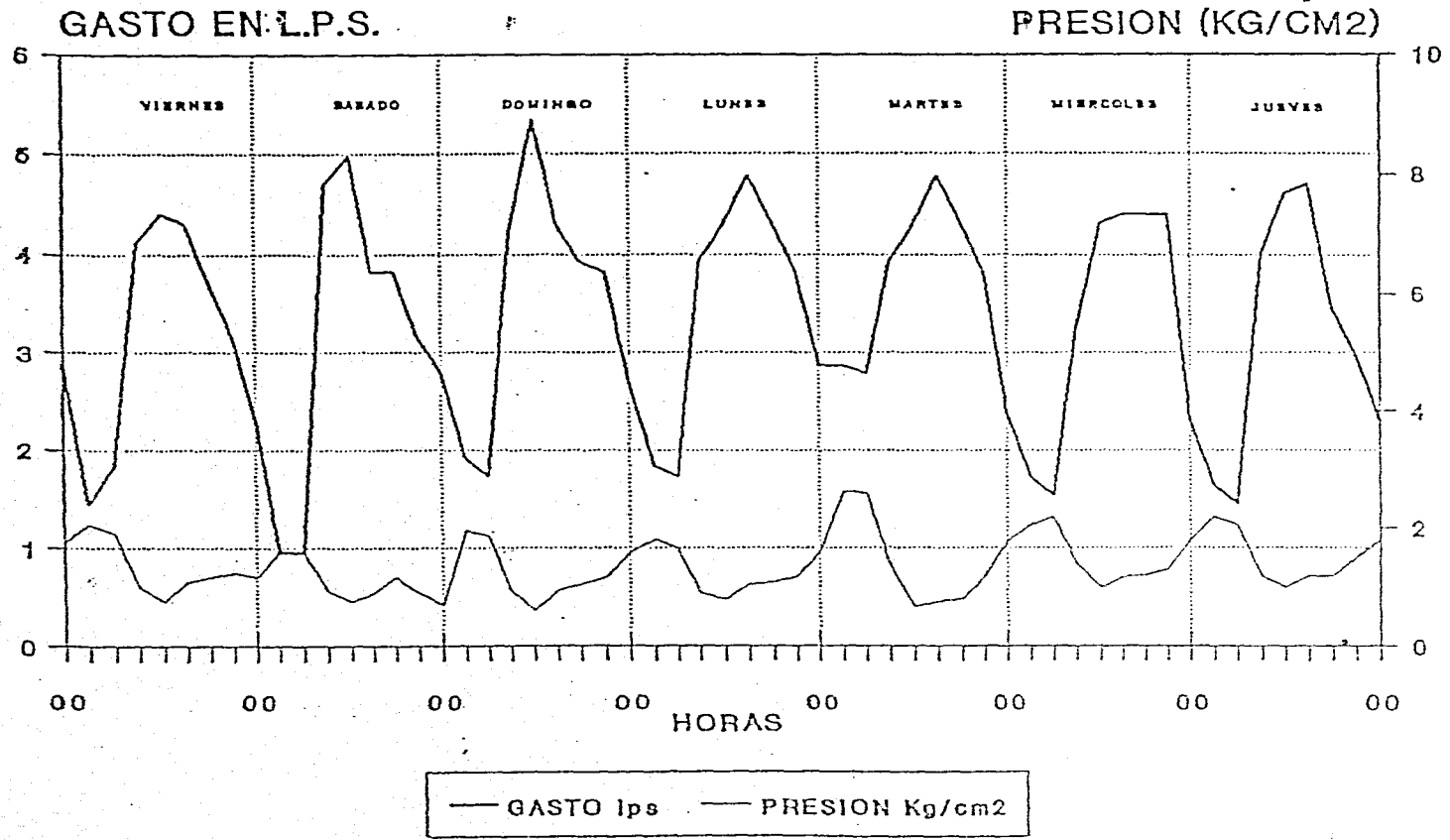
Guadalajara, Jal.



Distrito Pitométrico "11 R"

ZONA POPULAR

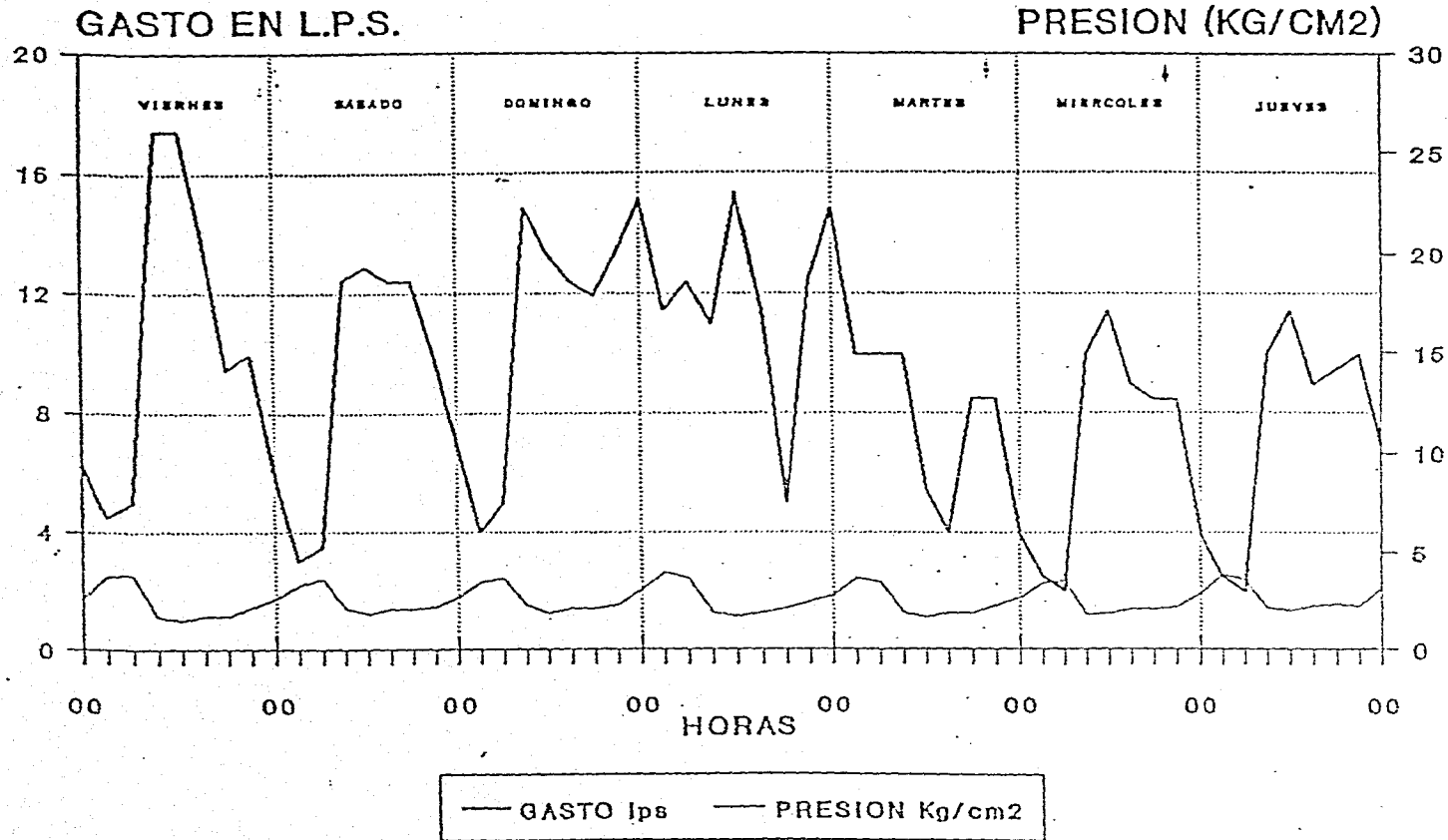
Guadalajara Jal.



Distrito Pitométrico "5 L"

ZONA POPULAR

Guadalajara Jal.



Distrito Pitométrico "RN H"

ZONA POPULAR

Guadalajara, JAL.

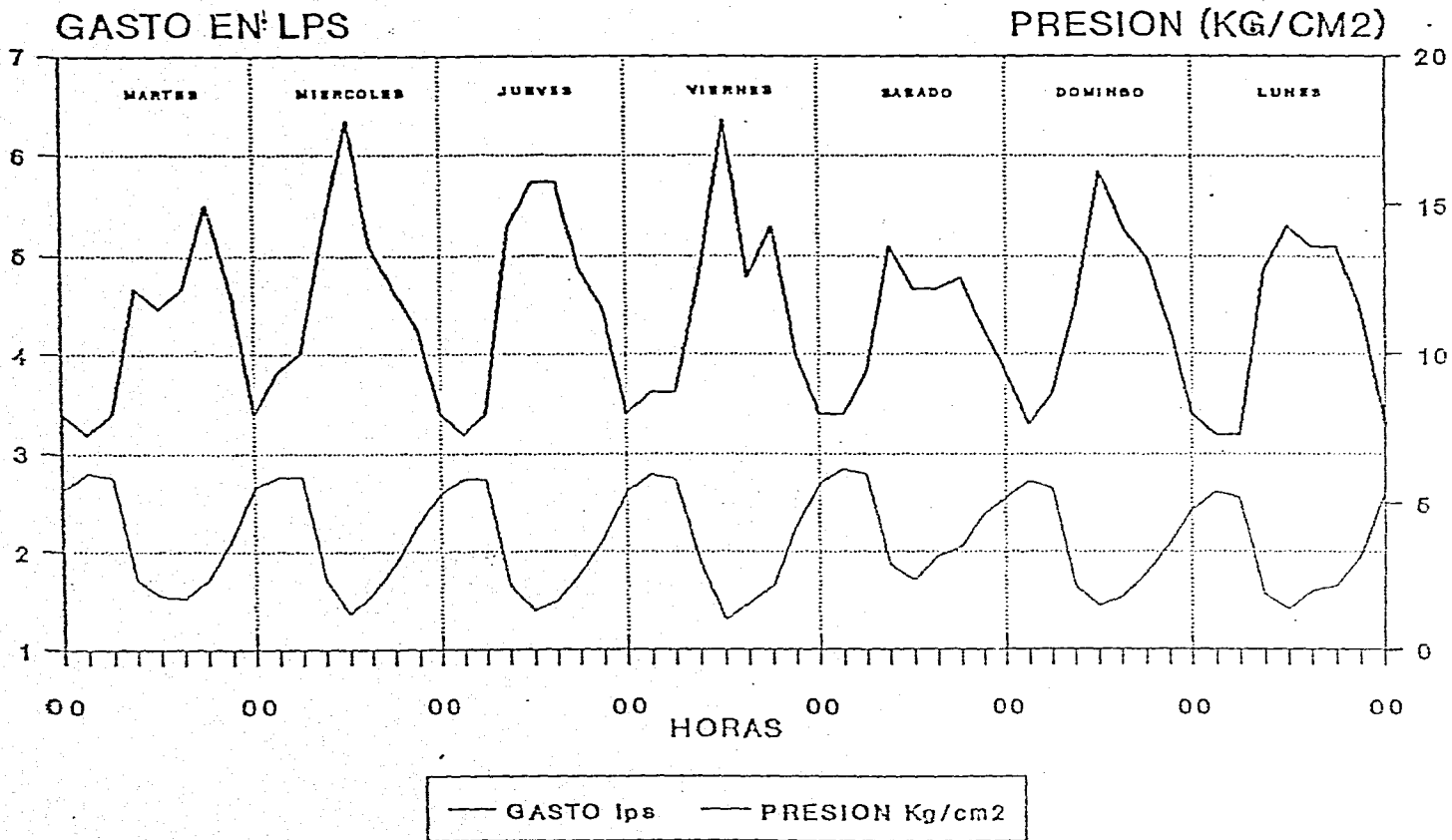
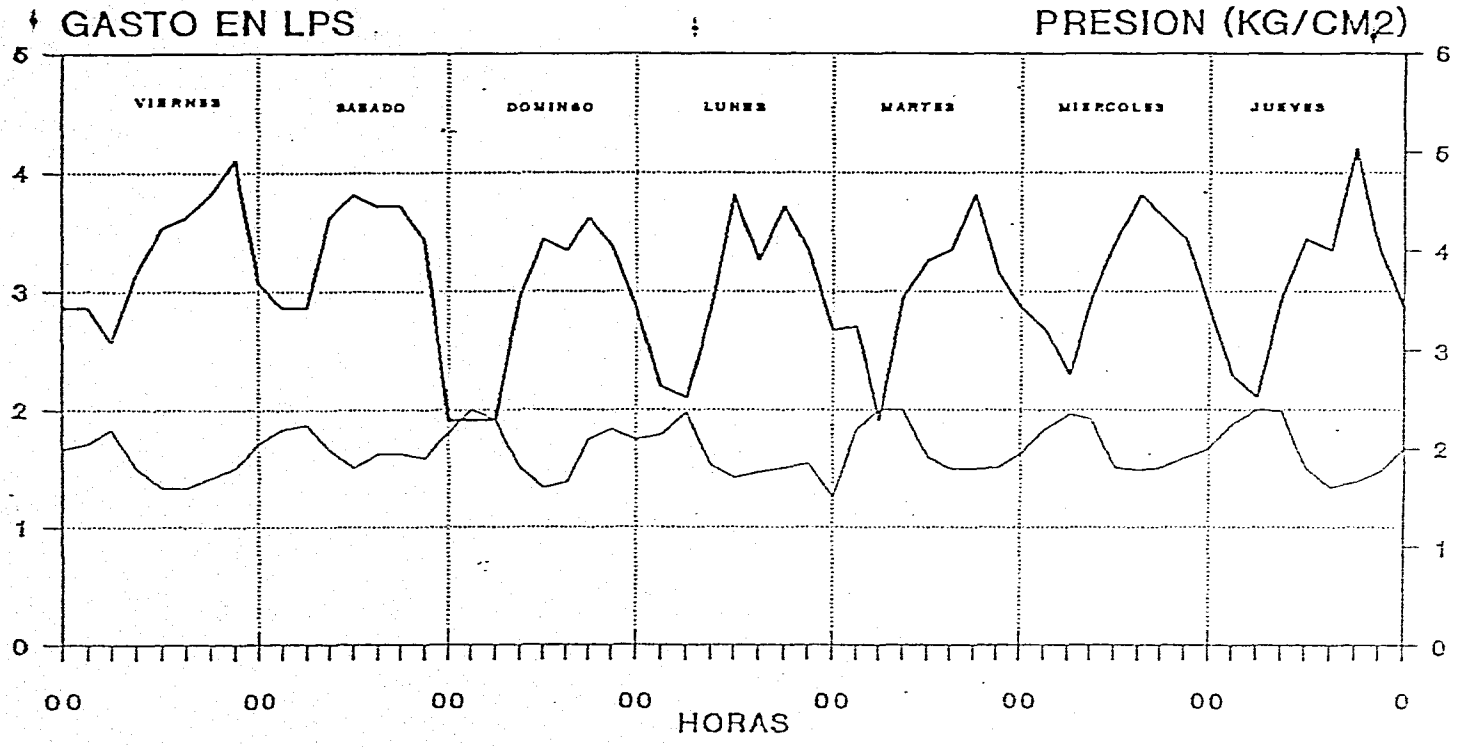


Lámina 5.7

Distrito Pitométrico "1 J"

ZONA COMERCIAL

Guadalajara, Jal.

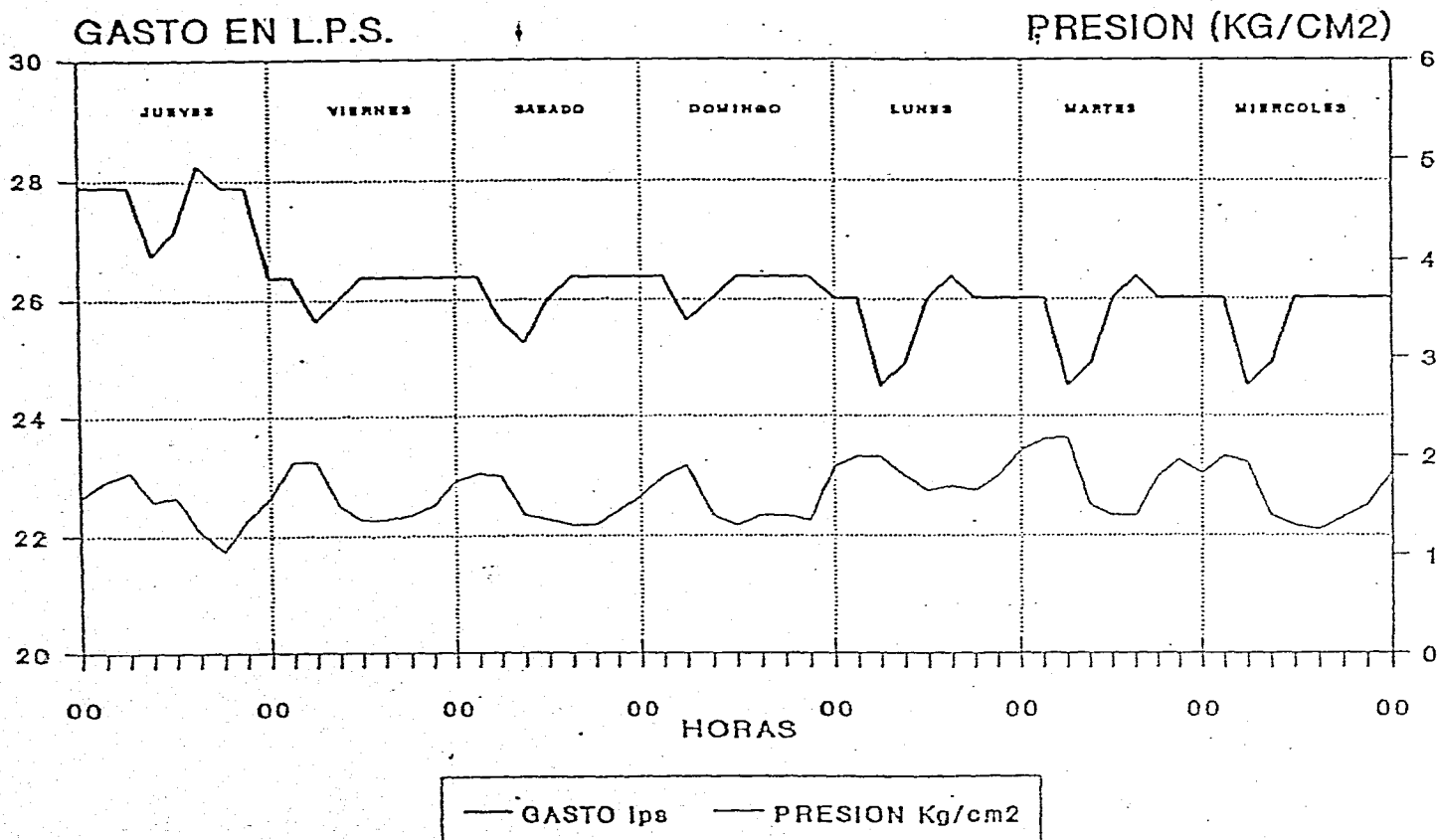


— GASTO Ips — PRESION Kg/cm2

Distrito Pitométrico "19 J"

ZONA INDUSTRIAL

Guadalajara Jal.



5.3.1. Resultados

Se aborda en este subcapítulo un esquema integral para el cálculo del volumen total de pérdidas, considerando los datos recopilados en campo, la información obtenida de los DPs, resultados de aforos de fugas e inspecciones de tomas domiciliarias, procesados y obtenidos en el capítulo anterior.

5.3.1.1. Determinación de Índices de Consumos

El cálculo de los índices de pérdidas se realizó basándose en la gráfica del comportamiento del consumo en cada DP durante 24 hrs. en 7 días. Los resultados en forma resumida se presentan en el cuadro 5.1, en el cual se puede observar que el distrito con el Índice de Consumo Horario Mínimo Nocturno (ICMN) más alto (0.971) se presenta en la zona industrial (19 - j), el cual no nos refleja la existencia de fugas nocturnas debido a que el consumo de éste es casi constante durante las 24 horas. Dentro de las zonas residenciales tenemos que el distrito 4 - Z, es el que presenta el índice (ICMN) mas elevado (0.813), como estas viviendas tienen sistemas de regulación (tinacos) de gran capacidad no se les puede atribuir un gasto de fuga nocturna considerable. Mientras que para la zona media el distrito con el índice (ICMN) mas alto es el 19 - H con 0.732, que al igual que el mas alto de la zona residencial, no presenta un valor significativo. Los distritos que presentan un (ICMN) considerable son el distrito RN de clase popular con un índice de 0.744, se plantea que puede existir un valor elevado de fugas nocturnas debido a que no todas las viviendas cuentan con tinacos y por lo tanto no debe de existir consumos nocturnos considerables; el distrito 1-J (zona comercial), presenta un (ICMN) de 0.726 y debido que los locales no trabajan durante la noche, se puede considerar un índice alto de fugas nocturnas.

5.3.1.2. Determinación de los Consumos

Los consumos reales se determinaron a partir de las lecturas semanales de los micromedidores, para lo cual ya se contaba con el censo de los domicilios que abarcan los distritos, en los cuales se determinaron el número de personas que habitan las viviendas censadas. Los valores de los consumos obtenidos para cada distrito y los promedios por clase socioeconómica, se muestran en el cuadro 5.2, donde se puede observar que el promedio para las zonas residenciales es de 295.43 l/h/d, en las zonas medias el consumo promedio es de 152.59 l/h/d, en las populares el promedio es de 112.29 l/h/d mientras que en el comercial es de 1359.84 l/t/d y por último en la zona industrial es de 19,796.42 l/t/d.

Los consumos en cada uno de los distritos que pertenecen a cada zona socioeconómica, se comportan entre ellos de forma proporcional, por lo tanto el promedio obtenido por cada una de éstas, es representativo de la zona socioeconómica.

CUADRO 5.1

INDICES DE CONSUMO EN NUEVE DISTRITOS PITOMETRICOS
EN LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JAL.

DISTRITO PITOMETRICO	CONS. HORARIO PROM. CHP (m3/h)	CONS. HORARIO MAX. CHM (m3/h)	CONS. MINIMO NOCT. CMN (m3/h)	INDICE CONS.HR MAX. ICHM	INDICE CONS.HR MIN.NOC. ICMN	CONS. ESPECIF. PROM. CEP (l/s/Km)
ZONA RESIDENCIAL (4-Z)	15.462	18.851	12.628	1.217	0.813	2.744
ZONA RESIDENCIAL (10-H)	51.474	60.491	36.943	1.204	0.678	2.652
ZONA RESIDENCIAL (23-H)	35.89	45.766	21.28	1.29	0.595	1.791
ZONA MEDIA (19-H)	20.464	30.96	15.183	1.525	0.732	1.987
ZONA MEDIA (11-R)	12.311	17.806	5.857	1.518	0.439	1.257
ZONA POPULAR (5-L)	30.313	46.566	16.114	1.785	0.577	1.954
ZONA POPULAR (RN)	16.024	21.485	11.857	1.35	0.744	2.783
ZONA COMERCIAL (1-J)	11.1	14.411	7.071	1.314	0.726	0.873
ZONA INDUSTRIAL (19-J)	94.344	95.542	91.88	1.017	0.971	4.31

CUADRO 5.2

CONSUMOS EN DISTRITOS PITOMETRICOS
GUADALAJARA JAL.

DISTRITO PITOMETRICO	DOTACION (l/h/d)	DOT.PROM. (l/h/d)
ZONA RESIDENCIAL (10 - H)	298.94	295.43
ZONA RESIDENCIAL (4 - Z)	292.06	
ZONA RESIDENCIAL (23 - H)	295.3	
ZONA MEDIA (19 - H)	155.62	152.59
ZONA MEDIA (11 - R)	149.56	
ZONA POPULAR (5 - L)	110.96	112.29
ZONA POPULAR (RN - H)	113.62	
ZONA COMERCIAL (1 - J)	1359.84 (l/t/d)	1359.84 (l/t/d)
ZONA INDUSTRIAL (19 - J)	19796.42 (l/t/d)	19796.42 (l/t/d)

5.3.1.3. Determinación del Volumen Perdido en los Distritos Pitométricos

Los resultados del volumen perdido en los DPs, se obtienen de la información de campo relativa a las pérdidas por fugas en las redes de agua potable, aplicando la ecuación de balance 5.3:

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

Con base en los volúmenes entregados, CT, los cuales se muestran en la tercera columna del cuadro 5.3 para cada uno de los DPs, se obtienen los porcentajes de pérdidas en la red, %PR, los cuales se muestran en la penúltima columna de este mismo cuadro; estos alcanzan hasta un 16.7% en el Distrito Residencial (10-H), presentándose el valor mínimo en el Distrito zona media (19-H) con un 3.23%. Los resultados se presentan de acuerdo a las características de su clase socioeconómica.

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

Los valores utilizados en los porcentajes de tomas con fuga, %Tf, y el valor promedio de fuga por toma, Qmf, del cuadro 5.3, se obtuvieron del cuadro 4.4, tomando los valores de la zona catastral a la cual pertenece cada Distrito Pitométrico, lógicamente tomando en cuenta el número real de tomas totales en cada uno de estos.

Si se toma en cuenta la pérdida física total, es decir, la que ocurre simultáneamente en las tomas domiciliarias y en la red, esta es crítica en el Distrito Zona Residencial (10-H), ya que llega hasta un 51.17%, lo que indica que sólo el 48.83% del caudal que ingresa al sector es aprovechado por los usuarios. Se tiene mayores índices de aprovechamiento en los Distritos Comercial (1-J), Residencial (23-H) y Media (11-R), con un porcentaje de fuga total de 21.52%, 24.37% y 26.75% respectivamente. Mientras que en los restantes distritos el porcentaje varía de 43.98% a 49.07%, que son los que presentan un porcentaje intermedio.

5.3.1.4. Evaluación de Pérdidas Totales por Fugas

Para conocer el valor total de las pérdidas, es necesario extrapolar los resultados obtenidos en el análisis de los Distritos Pitométricos al total de las zonas catastrales de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal.

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

- a) Se tiene en los Distritos el registro de volumen entregado (CT), medidos en las estaciones pitométricas, así como el volumen consumido por los usuarios (VC),

CUADRO 5.3

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

DISTRITO PITOMETRICO	ZONA CATASTRAL	CONSUMO TOTAL CT (LTS)	NUM. DE HABIT.	CPDR L/H/D	VOL CONSUM. (LTS) (VC)	VOL FUGA TOTAL (LTS) (UFG)	% FUGA % TI	GASTO MEDIO Omf (L/S)	NUMERO TOMAS	VOL FUGA EN T.DOM. (LTS)	VOL FUGA EN RED (LTS)	% FUGAS EN T.DOM.	% FUGAS RED % FR	% FUGA TOTAL
4 - Z RESIDENCIAL	13	371,021	647	292.06	188,953	182,058	30.00%	0.04167	Pz-57 132	142,571	39,457	38.43%	10.64%	49.07%
10 - H RESIDENCIAL	12	1,235,381	1929	313.31	603,284	632,097	17.50%	0.07202	351	425,776	205,321	34.47%	16.70%	51.17%
23 - H RESIDENCIAL	5	861,376	2,206	295.30	651,432	209,944	5.17%	0.02258	557	155,951	53,990	18.10%	6.27%	24.37%
19 - H MEDIA	15	491,128	1,768	155.62	275,136	215,992	11.29%	0.05706	354	230,143	15,849	40.75%	3.23%	43.98%
11 - R MEDIA	8	295,432	1,447	149.56	216,413	79,019	6.94%	0.02982	353	63,115	15,900	21.36%	5.38%	25.75%
5 - L POPULAR	6	806,663	4,114	110.95	456,489	350,174	11.97%	0.02353	806	238,652	111,522	29.59%	13.83%	43.41%
R - N POPULAR	15	384,570	1,740	113.62	197,699	185,871	11.29%	0.05796	305	174,135	12,736	45.26%	3.31%	48.59%
1 - J COMERCIAL	4	266,830	154	1,359.84	209,415	57,415	15.63%	0.01509	154	31,382	26,032	11.76%	9.76%	21.52%
19 - J INDUSTRIAL	1	2,264,280	80	19,796.42	1,533,713	680,557	11.48%	0.05377	80	42,666	637,900	1.83%	28.17%	30.00%

definido con base en el estudio de consumos realizado. De esta manera, la diferencia entre estos dos rubros indica la magnitud del volumen total de pérdidas que tiene lugar en las tomas domiciliarias (V_{fd}) y en la red (V_{fr}). Para una mayor comprensión la ecuación de balance 5.3 se expresa en términos de gastos, de la siguiente forma:

$$Q_{fr} = QT - QC$$

(5.4)

donde:

QT gasto proporcionado al Distrito, en lps

QC gasto consumido por los usuarios, en lps

Q_{fr} gasto total de fuga, en lps

- b) Se conoce el porcentaje de tomas domiciliarias que presentan fuga, al igual que los gastos promedio de fuga por toma y sus totales por zona, con lo cual se puede conocer el índice de pérdida total por toma (I), según indica la expresión 5.5.

$$I = \frac{Q_{fr}}{\text{No. tomas confuga}}$$

(5.5)

donde

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

- c) El número de tomas con fuga se obtiene mediante el producto de tomas existentes y el porcentaje de probable fuga de las mismas. El índice I se considera que tiene dos componentes, el gasto medio de pérdida por toma (Q_{mf}) y el correspondiente a la red (Q_{fr}), por lo que este último está dado por la expresión 5.6.

$$Q_{fr} = I \cdot Q_{mf}$$

(5.6)

- d) Conocido Q_{fr} , es posible estimar la proporción (P) que guardan los gastos de fuga unitario en las tomas y en la red, según la expresión 5.7.

$$P = \left(\frac{Q_{fr}}{Q_{mf}} \right) * 100$$

(5.7)

Con el procedimiento descrito, es posible obtener las proporciones que guardan los dos componentes del gasto de fuga en cada Distrito. De esta manera, extrapolar los valores obtenidos en los Distritos a cada una de 39 zonas catastrales, resulta un procedimiento sencillo, ya que basta multiplicar el gasto total de fuga en tomas domiciliarias, asignado a cada una en particular, por el porcentaje (P) correspondiente, obtenido de acuerdo con la caracterización realizada, misma que fue llevada a cabo tomando en cuenta la distribución espacial de las zonas socioeconómicas, las cuales se muestran en el plano 3 del anexoA.

En el cuadro 5.4 se resume la aplicación del procedimiento descrito, sobre los Distritos Pitométricos en el área metropolitana de Guadalajara. Cabe mencionar que la caracterización en el párrafo anterior puede ser realizada considerando la edad de las redes de tubería [11].

En el cuadro 5.5 se ilustra la extrapolación de los resultados de Distritos Pitométricos a cada una de las 39 zonas catastrales en que se dividió la zona en estudio.

Observando los resultados de este cuadro se puede observar que las zonas donde se encuentran los volúmenes de pérdidas mas elevados de la clase residencial son en la 12 y 11 con un gasto de fuga respectivamente de 63.25 y 47.92 lps, con una edad en la tubería para la 12 de los 10 a los 40 años y para la 11 de 15 a 20 años. Para las zonas catastrales de clase media que presentan el gasto de fuga en la red mas grande se presentan la 6, 9 y la 23 con un gasto de 36.11, 35.49 y 32.14 lps respectivamente, y una edad en su tubería para la 6 de 35 años, para la 9 de 20 a 25 años y para la 23 de 15 a 20 años. Y para la clase popular con el gasto mas elevado se tuvo la zona 10 con 40.89 lps y una edad en su tubería de 15 años.

Si se observa la relación que tiene la edad de la tubería con el gasto resultante de las zonas catastrales antes mencionadas, resulta que en promedio las que tienen una edad de tubería alta corresponden a un gasto de fuga elevado.

CUADRO 5.4

CALCULO DE LA RELACION PORCENTUAL EXISTENTE ENTRE LOS GASTOS DE FUGA EN TOMAS DOMICILIARIAS Y EN RED EN LOS DISTRITOS PITOMETRICOS DE GUADALAJARA, JAL.

DISTRITO PITOMETRICO	CONSUMO TOTAL (CT) (LTS)	VOL. CONSUM. (VC) (LTS)	VOL. FUGA TOTAL (Vf) (LTS)	% FUGA	GASTO MEDIO (L/S)	NUMERO TOMAS	TOMAS CON FUGAS	l (l/s/toma)	Qfr (l/s/toma)	(Qfr/Qmf)*100 (%)	CARACTERIZACION POR CLASE SOCIOECONOMICA
4 - Z RESIDENCIAL	371,021	185,963	182,058	30.00%	0.04167	132	40	0.05268	0.01101	28.42000	
10 - H RESIDENCIAL	1,235,381	603,284	632,097	17.50%	0.07202	391	68	0.10759	0.03557	49.39000	RESIDENCIAL
23 - H RESIDENCIAL	661,376	651,432	209,944	5.17%	0.06268	557	29	0.08379	0.02111	33.68000	
19 - H MEDIA	491,128	275,135	215,992	11.29%	0.05796	354	40	0.0625	0.00454	7.83000	
11 - R MEDIA	295,432	216,413	79,019	6.94%	0.02982	353	25	0.03558	0.00676	22.67000	MEDIA
5 - L POPULAR	806,663	456,489	350,174	11.97%	0.02863	806	97	0.04178	0.01315	45.93000	
R - N POPULAR	384,570	197,699	186,871	11.29%	0.05796	308	35	0.0618	0.00394	6.63000	POPULAR
1 - J COMERCIAL	266,830	209,415	57,415	15.63%	0.01509	154	24	0.02769	0.0126	83.50000	COMERCIAL
19 - J INDUSTRIAL	2,264,280	1,583,713	680,567	11.48%	0.05377	80	9	0.05767997	0.00390997	1495.09015	INDUSTRIAL

CUADRO 5.5

GASTO TOTAL DE FUGAS EN LA RED
POR ZONA CATASTRAL EN LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JAL.

SECTOR	EDAD DE TUBERIA (AÑOS)	DISTRITO PITOMETRICO	GASTO TOTAL DE FUGA EN TOMAS (L/SEG)	Qtr/Qmft (%)	GASTO TOTAL DE FUGA EN RED (L/SEG)
1	60	MEDIA	128.104	15.25	19.536
2	20 - 30	MEDIA	54.540	15.25	8.317
3	50 - 60	MEDIA	52.696	15.25	8.036
4	35 - 50	MEDIA	50.355	15.25	7.679
5	25 - 30	MEDIA	71.051	15.25	10.835
6	35	POPULAR	137.392	26.28	36.107
7	15 Y 30	POPULAR	81.809	26.28	21.499
8	10 - 15	POPULAR	49.714	26.28	13.065
9	20 - 25	MEDIA	232.767	15.25	35.497
10	15	POPULAR	155.578	26.28	40.886
11	15 - 20	RESIDENCIAL	131.284	36.5	47.919
12	10 - 40	RESIDENCIAL	173.286	36.5	63.249
13	20	RESIDENCIAL	78.031	36.5	28.481
14	15	MEDIA	59.602	15.25	9.089
15	5 - 10	MEDIA	139.197	15.25	21.228
16	10	POPULAR	70.282	26.28	18.470
17	20	POPULAR	91.187	26.28	23.946
19	10 - 15	POPULAR	75.658	26.28	19.883
20	5	POPULAR	39.266	26.28	10.319
21	10	POPULAR	27.055	26.28	7.110
22	20	POPULAR	30.778	26.28	8.088
23	15 - 20	MEDIA	210.784	15.25	32.145
24	5-10 Y 16	MEDIA	84.950	15.25	12.955
25	20	MEDIA	165.113	15.25	25.180
26	20	RESIDENCIAL	68.127	36.5	24.866
27	10 Y 20	RESIDENCIAL	12.412	36.5	4.530
28	15	POPULAR	92.579	26.28	24.330
29	20 - 25	MEDIA	62.068	15.25	9.465
30	5 - 10	POPULAR	9.019	26.28	2.370
37	10 Y 20	POPULAR	10.114	26.28	2.658
38	20	MEDIA	63.145	15.25	9.630
39	5 - 10	MEDIA	11.717	15.25	1.787
40	10	MEDIA	38.403	15.25	5.856
41	10	POPULAR	39.698	26.28	10.432
44	10 Y 25	POPULAR	15.136	26.28	3.978
46	5 - 10	POPULAR	15.193	26.28	3.993
50	5 Y 25	POPULAR	9.249	26.28	2.431
51	5 - 10	POPULAR	3.387	26.28	0.890
52	10	POPULAR	2.645	26.28	0.695

TOTAL

2843.374

637.430

El gasto total de pérdidas en la red es de 637.43 lps, lo cual representa el 6.45% del caudal total suministrado por las fuentes (9,885 lps). Resultando el volumen total de fugas, de 3,480.8 lps, lo que representa el 35.21% del total suministrado a la zona metropolitana.

6. PRUEBAS DE CORROSIVIDAD.

Cuando se instala una combinación de tuberías metálicas se produce corrosión, debido a que forma un "par galvánico", sirviendo el agua como electrolito.

El "par galvánico" es un fenómeno en el cual, al estar en contacto directo dos metales de diferente potencial electroquímico en un medio electrolítico, el metal menos noble tiende a disolverse.

Con base en el potencial electroquímico, los metales se agrupan de menos a más nobles; a continuación se enlistan algunos de ellos:

- 1.- Magnesio
- 2.- Zinc
- 3.- Aluminio
- 4.- Fierro
- 5.- Plomo
- 6.- Estaño
- 7.- Cobre y Bronce

Como puede observarse, una unión de cobre o bronce con fierro, produce corrosión en este último metal, en tanto que una unión de cobre con bronce no presentará problemas, ya que el bronce es una aleación de cobre.

Una forma de evitar el par galvánico consiste en realizar la unión de los dos metales diferentes utilizando piezas de material plástico. Esta propuesta puede adoptarse solamente en condiciones extraordinarias, ya que debe evitarse al máximo utilizar diferentes materiales en una toma domiciliaria. También es conveniente mencionar que dicha propuesta puede aplicarse cuando el cuadro de la toma y la instalación hidráulica intradomiciliaria sean metálicas y de diferente material.

En lo que se refiere a los materiales que específicamente se utilizan en tomas domiciliarias y su resistencia a la corrosión, se tiene lo siguiente:

Cobre Buena resistencia a la corrosión, sujeto a ataques corrosivos por cloro, oxígeno disuelto y bajo PH.

Fierro fundido Puede estar sujeto a corrosión en aguas de bajo PH.

Fierro galvanizado Sujeto a corrosión galvánica en contacto con cobre o plomo.

Plástico Normalmente resistente a la corrosión.

Para terrenos con relleno sanitario, salinos o con alta humedad (lodo, charcos), se recomienda utilizar polietileno de alta densidad y evitar al máximo el metal. En el caso de que ya exista tubería metálica instalada, esta se debe enfundar en tubería flexible de polivinilo tipo manguera o recubrirse helicoidalmente con cinta de polietileno, para obtener una mayor protección contra la agresividad del terreno. Por lo que se refiere a las abrazaderas de fierro fundido en suelos agresivos, es necesario protegerlas con recubrimiento epóxico anticorrosivo.

Las pruebas de corrosividad se efectuaron en 39 zonas catastrales de la Zona Metropolitana de Guadalajara tomando aleatoriamente cada uno de los domicilios. Se contó con el equipo necesario para realizarlas formado por un medidor de resistividad (Vibroground), 4 electrodos con cables conectados con grapas y cinta metálica.

Las mediciones se realizaron clavando 4 varillas de acero recubiertas con una película de cobre (electrodos) en el suelo a una profundidad constante de 30 cm dispuestas en línea recta, con una separación uniforme de igual distancia a la profundidad. Se procuró que las varillas quedaran aproximadamente en un plano horizontal y sin huecos alrededor de ellas, las terminales de corriente del instrumento se conectan a través de los cables, en las varillas de los extremos y las de potencial a las varillas intermedias. Se energizó el instrumento y se tomaron las lecturas respectivas de resistencia en ohms. Se calculó la resistividad con la expresión 6.1, para el caso en que la separación entre los electrodos (a) sea igual a la profundidad del electrodo (b), o sea $a = b$.

$$r = 4\pi a \frac{R}{n}$$

donde:

R = resistencia medida en omhs

a = separación entre electrodos

r = resistividad del suelo en omhs/m

n = 1.187 (por ser $a=b$).

Estas pruebas se realizaron muy cerca de la línea de toma domiciliaria, generalmente se hizo en jardines, aunque en algunos casos fue necesario romper el pavimento.

El rendimiento de las pruebas al día fué en promedio de 22 diarias, ya que se contó con un sólo equipo de Vibroground durante 3 semanas y posteriormente se incorporó uno más.

Los parámetros encontrados reflejaron en el material del suelo una oposición al paso de la corriente eléctrica; si se tienen suelos que presentan alta mineralización y/o sales disueltas, la corriente fluye con mayor facilidad o lo que es igual, presenta una baja resistividad.

Los resultados variaron para cada una de las zonas catastrales, en el cuadro 6.1 se resume la resistividad promedio en cada una, y el tipo de suelo al que pertenecen.

Las resistividades calculadas por muestra, se localizaron en planos de las zonas catastrales para posteriormente darles su ubicación mediante puntos de coordenadas en el plano de la ciudad de Guadalajara, en el que se configuraron las curvas de igual resistividad, mostrando este plano en el anexo A. En éste se encuentran curvas con un valor de 40 a 370 ohms/m por medio de curvas de igual resistividad configuradas a cada 30 ohms/m.

Los valores más altos se concentraron en las zonas catastrales 13, 27, 39 y 26, con 395.03, 334.94, 328.77 y 316 ohms/m respectivamente. Por lo cual es posible utilizar cualquier tipo de tubería metálica.

Para la mayor parte del sector Reforma (zona oriente de la ciudad) se recomienda que se utilice tubería no metálica ya que se observa en el plano 21 del anexo A, las curvas de igual resistividad que tiene los valores más bajos, por lo tanto, el valor de corrosividad es más alto.

En el cuadro 6.2 se indica el tipo de tubería recomendada tipo de suelo encontrado.

El número de muestras realizadas fue de 1852.

RESISTIVIDAD PROMEDIO
 POR ZONA CATASTRAL

ZONA CATASTRAL	RESISTIVIDAD MEDIA Ohms--m	TIPO DE SUELO
1	139	B
2	92.05	A
3	108.77	B
4	100.93	B
5	159.98	B
6	102.15	B
7	98.47	A
8	100.08	B
9	77.04	A
10	98.48	A
11	195.4	B
12	281.4	C
13	395.03	C
14	144.67	B
15	143.29	B
16	166.3	B
17	96.16	B
19	127.37	B
20	76.32	A
21	72.2	A
22	64.36	A
23	157.83	B
24	314.19	C
25	242.49	C
26	316.73	C
27	334.93	C
28	70.04	A
29	125.95	B
30	50.66	A
37	93.04	A
38	199.05	B
39	328.77	C
40	262.93	C
41	214.93	C
44	79.18	A
46	66	A
50	84.58	A
51	81.8	A
52	0	

A -- TERRENO DE CULTIVO O ARCILLOSO
B -- TIERRA ARENOSA HUMEDA
C -- TIERRA ARENOSA SECA O CON GUIJARROS Y CEMENTO

CUADRO 6.2

RECOMENDACION PARA EL USO DE TUBERIAS
EN TOMAS DOMICILIARIAS PARA CADA TIPO DE TERRENO
GUADALAJARA, JAL

TIPO DE TERRENO	TIPO DE TUBERIA RECOMENDADA
DE CULTIVO O ARCILLOSO (A)	NO METALICA
TIERRA ARENOSA HUMEDA (B)	NO METALICA Y/O METALICA CON MANTENIMIENTO
TIERRA ARENOSA SECA (C)	METALICA

7. MICROMEDICION

La evaluación de la sub y sobremedición se refiere a la cantidad de agua que registra el micromedidor domiciliario de menos o de más, respectivamente.

Esta etapa del estudio se inició con la obtención de una lista de domicilios aleatorios, en las mismas cantidades descritas por zona catastral en el cuadro 4.5 para las inspecciones (el tamaño de la muestra fue de 2002).

La actividad consiste en evaluar la sub y sobremedición en el sistema de distribución de agua potable de la ZMG, mediante verificación de la operación de los micromedidores en los propios domicilios, para la muestra preestablecida. Este proceso señala el error que se comete con la instalación misma del aparato, es decir que a diferencia de las verificaciones que se realizan en el laboratorio, esta actividad refleja los errores derivados de una instalación, cuadros doblados, medidores enterrados y operando en ángulos inadecuados, etc.

La verificación se realizó "in situ" a los micromedidores seleccionados aleatoriamente. A continuación se presentan las actividades y resultados obtenidos en el estudio.

7.1. Trabajos preliminares

7.1.1. Información Base

El primer paso en los trabajos fue obtener la información contenida en el padrón de usuarios y sus correspondientes estadísticas de consumos mensuales, así como las marcas, modelos y rangos de funcionamiento de los micromedidores instalados y registrados. Esta información fue proporcionada por la departamento de informática del Organismo Operador. Esta información es la base para realizar posteriormente la clasificación de los medidores de la muestra por rango de funcionamiento. Los porcentajes de instalación de micromedidores por marca son los siguientes:

Marca	% de instalación
Delaunet	84.24
Kent	4.4
Azteca	3.21
Iberconta	8.14
Otros	0.01

Los porcentajes de instalación dan la pauta para distribuir convenientemente, por marca, la muestra de 2,002 micromedidores, es decir, se requiere verificar alrededor de 1,686 Delaunet, 88 Kent, 64 Azteca y 163 Iberconta. Los micromedidores sin marca no se consideran por ser bajo el índice de instalación.

Una distribución adecuada de la muestra, a la cual se ajustó en lo posible el trabajo de campo, considerando el porcentaje de tomas por zona catastral con respecto al total, se relaciona en el cuadro 7.2. Cabe destacar que esta distribución solo sirvió de base para realizar el trabajo de campo, ya que es muy difícil ajustarse estrictamente a la misma, al considerar el proceso de selección aleatoria de los domicilios, para este estudio se realizaron 2,007 micromedidores verificados.

7.1.2 Obtención de los Límites de Funcionamiento de los Micromedidores

En cuanto al rango de funcionamiento, este sirve para conocer en que límites (% con respecto al gasto nominal) operan los micromedidores, existen tres clasificaciones: inferior, para aquellos medidores que operan a menos del 5% del gasto nominal; normal entre 5 y 100% y superior para consumos mayores del 100%. Este parámetro puede ser utilizado para clasificar igualmente la muestra, sin embargo, dado el proceso aleatorio mencionado no es deseable añadir un mayor número de variables, por lo cual solo se considera una clasificación general por zona catastral, mediante el siguiente proceso:

- a) La distribución del agua en la zona metropolitana de Guadalajara, Jal. se realiza de forma continua; por lo tanto, el consumo mensual de los usuarios es de 30 días.
- b) El consumo en casas habitación y comercios varía a lo largo del día, dependiendo de su clase socioeconómica y del número de horas que el usuario consume agua durante el día, el cual se muestra en el cuadro 7.1, para cada una de las zonas catastrales; así como los límites de funcionamiento. Los límites de funcionamiento para cada una de las zonas catastrales se muestran en el cuadro 7.3.

7.2. Desarrollo de Trabajos de Campo

Esta actividad se inició con la obtención de una lista de domicilios aleatorios de acuerdo a la muestra preestablecida (2,002) antes mencionada y por zonas catastrales. Las verificaciones se llevaron a cabo mediante aforos volumétricos realizados para 3 aberturas de la llave jardinera o de globo, conectada directamente al medidor, adicionalmente se realiza un aforo correspondiente al gasto de arranque de los aparatos (prueba de sensibilidad).

CUADRO 7.1

LIMITES DE FUNCIONAMIENTO DE MICROMEDIDORES
EN BASE AL CONSUMO POR ZONAS CATASTRALES
GUADALAJARA, JAL.

ZONA CATASTRAL	NUM. MICROM.	ZONA SOCIOEC.	FUNCION. DIAS/MES	CONSUMO HR/DIA	GASTO NOMINAL 3 M3/HR		
					LIMITES DE FUNCIONAMIENTO		
					INFERIOR M3/MES	NORMAL M3/MES	SUPERIOR M3/MES
1	15843	MEDIA-INDUST.	30	11.5	51.75	51.75-1035	1035
2	19210	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
3	19602	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
4	15876	MEDIA-COM.	30	9	40.5	40.5-810	810
5	14801	MEDIA-RESID	30	9.25	41.6	41.6-832	832
6	32493	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
7	26599	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
8	19157	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
9	21055	BAJA-INDUST.	30	11.25	50.6	50.6-1013	1013
10	21859	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
11	6954	RESIDEN.	30	10	45	45.0-900	900
12	7482	RESIDEN.	30	10	45	45.0-900	900
13	3037	RESIDEN.	30	10	45	45.0-900	900
14	20487	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
15	17480	MEDIA-BAJA	30	8.88	40	40.0-800	800
16	7876	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
17	22107	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
19	7795	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
20	6816	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
21	13867	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
22	5160	BAJA-INDUS.	30	11.25	50.6	50.6-1013	1013
23	20771	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
24	16561	RESID-MEDIA	30	9.5	42.8	42.8-855	855
25	16483	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
26	4931	RESIDEN.	30	10	45	45.0-900	900
27	2192	RESIDEN.	30	10	45	45.0-900	900
28	10290	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
29	11465	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
30	234	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
37	2725	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
38	8986	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
39	7686	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
40	6346	MEDIA	30	9	40.5	40.5-810	810
41	2393	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
44	3126	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
46	762	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
50	1264	INDUST.	30	14	63	63.0-1260	1260
51	155	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
52	4299	BAJA	30	8.5	38.3	38.3-765	765
TOTALES	446225						

CUADRO 7.2

ESTADISTICA DE MICROMEDIDORES POR MARCA EN CADA ZONA CATASTRAL

GUADALAJARA, JAL

ZONA CATASTRAL	MEDIDORES EXISTENTES	MEDIDORES VERIFICADOS	DELAUNET	KENT	AZTECA	IBERCONTA	S/NOMBRE
1	15843	60	54	3	0	1	2
2	19210	71	55	6	1	9	0
3	19602	76	67	1	1	2	5
4	15876	63	63	0	0	0	0
5	14801	55	51	1	1	2	0
6	32493	120	97	8	2	10	3
7	26599	99	85	2	6	4	2
8	19157	71	69	1	0	0	1
9	21055	92	63	5	0	22	2
10	21859	79	77	0	0	0	2
11	6954	34	34	0	0	0	0
12	7482	40	28	6	1	0	5
13	3037	28	25	3	0	0	0
14	20487	90	82	4	0	1	3
15	17480	64	62	1	0	0	1
16	7876	33	33	0	0	0	0
17	22107	80	67	10	0	1	2
19	7795	32	25	6	1	0	0
20	6816	35	26	3	0	1	5
21	13867	51	48	0	3	0	0
22	5160	28	28	0	0	0	0
23	20771	83	83	0	0	0	0
24	16561	63	63	0	0	0	0
25	16483	76	62	0	8	6	0
26	4931	31	31	0	0	0	0
27	2192	31	20	7	1	0	3
28	10290	34	29	4	0	0	1
29	11465	43	35	4	1	0	3
30	234	29	16	13	0	0	0
37	2725	30	30	0	0	0	0
38	8986	35	35	0	0	0	0
39	7686	31	20	4	1	6	0
40	6346	30	29	0	0	1	0
41	2393	30	26	1	0	0	3
44	3126	30	27	1	2	0	0
46	762	40	39	0	0	0	1
50	1264	30	30	0	0	0	0
51	155	30	30	0	0	0	0
52	4299	30	29	1	0	0	0
TOTALES	446225	2007	1773	95	29	66	44

CUADRO 7.3

ESTADISTICA DE MICROMEDIDORES VERIFICADOS

POR LIMITE DE FUNCIONAMIENTO EN ZONAS CATASTRALES

GUADALAJARA, JAL.

ZONA CATASTRAL	MEDIDORES EXISTENTES	MEDIDORES VERIFICADOS	No. DE MEDIDORES CON LIMITE DE FUNCIONAMIENTO		
			INFERIOR	NORMAL	SUPERIOR
1	15843	60	42	18	0
2	19210	71	52	19	0
3	19602	76	55	21	0
4	15876	63	43	20	0
5	14801	55	38	17	0
6	32493	120	69	31	0
7	26599	99	74	25	0
8	19157	71	58	13	0
9	21055	92	74	18	0
10	21859	79	60	19	0
11	6954	34	12	22	0
12	7482	40	18	22	0
13	3037	28	19	9	0
14	20487	90	64	26	0
15	17480	64	57	7	0
16	7876	33	23	10	0
17	22107	80	45	35	0
19	7795	32	18	14	0
20	6816	35	22	13	0
21	13867	51	30	21	0
22	5160	28	20	7	1
23	20771	83	56	27	0
24	16561	63	55	8	0
25	16483	76	51	25	0
26	4931	31	19	11	1
27	2192	31	5	26	0
28	10290	34	22	12	0
29	11465	43	29	14	0
30	234	29	12	17	0
37	2725	30	27	3	0
38	8986	35	34	1	0
39	7686	31	22	9	0
40	6346	30	24	6	0
41	2393	30	20	10	0
44	3126	30	19	11	0
46	762	40	33	7	0
50	1264	30	24	6	0
51	155	30	20	10	0
52	4299	30	23	7	0
TOTALES	441926	1977	1385	590	2

7.2.1. Evaluación de Sub y Sobremedición

El análisis de los gastos de sub y sobremedición, obtenidos en la verificación de cada uno de los micromedidores y zonas catastrales, se calcularon por medio de un programa de cómputo, las corridas a detalle de cada verificación se muestra en el anexo C.

Las 2007 verificaciones realizadas fueron procesadas con base en el procedimiento que se expone a continuación. Las fórmulas empleadas para definir los parámetros de interés son:

$$E = \left(\frac{Q_{MICRO} - Q_{PATRON}}{Q_{PATRON}} \right) * 100$$

(7.1)

$$NOM = \frac{Q_{PATRON}}{Q_{NOM}} * 360$$

(7.2)

$$G = Q_{MICRO} - Q_{PATRON}$$

(7.3)

donde:

E error en la medición para cada gasto medido, en %

QMICRO gasto que marca el medidor, en lps

$$Q_{MICRO} = \frac{VOLUMEN}{\Delta t}$$

dt tiempo en que el medidor marca los 10 litros, en s

QPATRON gasto real que descarga el medidor, en lps

$$QPATRON = \frac{VPATRON}{\Delta t}$$

VPATRON volumen leído en la cubeta graduada, en l

QNOM gasto nominal del micromedidor (dado por el fabricante), en m³ / h

NOM porcentaje de gasto nominal, en %

dG gasto de error en la medición, en lps.

Las expresiones 7.1 a 7.3 son aplicadas al procesar los datos de cada prueba, consecutivamente en cada medición realizada para una abertura fija. El promedio de estos valores es el representativo de dichos parámetros para ese punto del rango de funcionamiento del micromedidor. El análisis completo por micromedidor incluye promediar estos resultados (de las diferentes aberturas), con lo que se obtiene el gasto sub y sobre medido, de acuerdo con el signo que se obtenga, negativo corresponde a submedido y positivo a sobremedido.

Este análisis se realiza para todos los medidores de cada zona catastral, obteniendo así el gasto sub o sobremedido promedio por aparato. Es necesario ahora extrapolar a toda la zona catastral, multiplicando dichos gastos por el número de micromedidores que se encuentran en cada una de estas condiciones (de sub o sobremedición), lo cual se define fácilmente, ya que los porcentajes que resulten de la muestra se deben conservar para toda la zona catastral. Las siguientes expresiones resumen lo anteriormente dicho: gasto promedio sub o sobremedido para una abertura fija (dGM)

$$dGM = \frac{\sum dG_j}{n_j}$$

(7.4)

n_j número de mediciones realizadas con una abertura fija

gasto promedio sub o sobremedido por micromedidor (GMP)

$$GMP_{subm} = \frac{\sum dGM_{subm}}{subm_n}$$

(7.5)

$$GMP_{sobre} = \frac{\sum dGM_{sobre}}{sobre_n}$$

(7.6)

n_{sub} número de micromedidores que presentan submedición en la muestra

n_{sobre} número de micromedidores que presentan sobremedición en la muestra

gasto total sub y sobremedido extrapolado a la Z.C. (GT)

$$GT_{subm} = GMP_{subm} * P_{subm} * ns$$

(7.7)

$$GT_{sobre} = GMP_{sobre} * P_{sobre} * ns$$

(7.7)

P_{sub} porcentaje de micromedidores en la muestra que presentaron gasto submedido

P sobre porcentaje de micromedidores en la muestra que presentaron gasto sobremedido

ns número total de micromedidores en la zona catastral

Lógicamente el resultado para toda la población requiere la sumatorias de los gastos totales por zonas catastrales.

La clasificación de los micromedidores verificados en cuanto a número y modelo son los siguientes: de la marca Delaunet se obtuvieron 1,773 que representa un 88.3%, de la marca Kent son 95 que representa 4.7%, de Iberconta 66 con el 3.3%, Azteca 29 con 1.4%, finalmente se encontraron micromedidores sin marca los cuales contabilizan 44 y representan el 2.2%, esta clasificación se muestra en el cuadro 7.2 y en la lámina 7.1.

Los resultados de los volúmenes de sub y sobremedición obtenidos con los micromedidores muestreados, se infirieron hacia la población total dando como resultado las pérdidas comerciales por mala medición domiciliaria, estos valores se indican en el cuadro 7.4, observando que se tiene un gasto total neto submedido de 431.094 lps, para toda la zona de estudio, lo cual representa el 4.36% del total suministrado a la ZMG.

Con el procesamiento de la información es posible construir las curvas de porcentaje del gasto nominal contra el porcentaje de error en la medición que registra el aparato, las cuales se pueden observar de la lámina 7.2 a la 7.6. Es notable que, en general, los puntos de operación de los aparatos se mantienen dentro del límite inferior de error establecido, existiendo lógicamente algunos puntos que se encuentran dentro del rango normal, hecho que refleja la existencia de los gastos de sub y sobremedición. El error que se admite dentro del límite de funcionamiento inferior es de $\pm 5\%$ y en los normal y superior, del $\pm 2\%$ del gasto nominal.

7.2.2. Pruebas de Contenido de Aire

El objetivo de esta prueba es determinar el volumen de aire que se encuentra contenido en la corriente de agua, mediante un dispositivo accionado por dos válvulas eléctricas de cierre instantáneo "válvulas solenoides".

Se realizaron 1,327 pruebas elegidas aleatoriamente abarcando todo el sistema de la zona metropolitana de Guadalajara, Jal. La distribución de estas muestra y los porcentajes de aire obtenidos por zona catastral se ilustran en el cuadro 7.5. Mostrándose además el volumen de aire promedio por toma domiciliaria en mililitros.

Las zonas catastrales con los valores mas elevados de concentración de aire y que pueden presentar un problema de sobremedición son la 18 con 5.92%, las zonas 29, 41, 44 y 46 con

5.46% y la zona 22 con 5.42 %, para lo cual se recomienda que en estas se haga una revision de las fuentes de abastecimiento y determinar si existe alguna intrusión de aire.

CUADRO 7.4

GASTO SUBMEDIDO Y SOBREMEDIDO
 EN ZONAS CATASTRALES
 GUADALAJARA, JAL.

ZONA CATASTRAL	GASTO SUBMEDIDO (LPS)	GASTO SOBREMEDIDO (LPS)	GASTO NETO (LPS)
1	-41.5699	21.6752	-19.8947
2	-59.3984	13.0181	-46.3803
3	-61.7251	27.9759	-33.7492
4	-82.2819	27.5363	-54.7456
5	-65.9105	27.8267	-38.0838
6	-10.9665	45.1968	34.2303
7	-51.8675	12.8666	-39.0009
8	-7.97867	30.9666	22.9879
9	-8.6325	30.2569	21.6244
10	-9.62263	63.3940	53.7714
11	-41.6537	34.6306	-7.0231
12	-9.7087	24.5344	14.8257
13	-28.0795	25.4784	-2.6011
14	-57.365	32.5888	-24.7762
15	-84.1848	15.3348	-68.8500
16	-30.5871	15.2252	-15.3619
17	-86.215	31.8570	-54.3580
19	-40.2865	17.0508	-23.2357
20	-21.5589	6.7062	-14.8527
21	-58.0914	60.4098	2.3184
22	-24.6116	15.6472	-8.9644
23	-9.58571	66.3828	56.7971
24	-11.01335	85.9464	74.9331
25	-67.6476	81.1837	13.5361
26	-26.4867	14.0537	-12.4330
27	-40.5832	0.0821	-40.5011
28	-56.6757	20.5624	-36.1133
29	-54.7933	19.9020	-34.8913
30	-2.6625	0.5594	-2.1031
37	-22.044	0.0000	-22.0440
38	-26.1664	2.6197	-23.5467
39	-70.805	0.0000	-70.8050
40	-21.5323	4.8689	-16.6634
41	-10.6283	6.1745	-4.4538
44	-6.615	11.9007	5.2857
46	-3.2423	2.1174	-1.1249
50	-12.8546	5.1239	-7.7307
51	-1.6226	1.5289	-0.0937
52	-14.872	6.8500	-8.0220
TOTAL	-1341.1264	910.0328	-431.0935

CUADRO 7.5

CONCENTRACION DE AIRE
EN TOMAS DOMICILIARIAS
GUADALAJARA, JAL.

ZONA CATASTRAL	NUMERO MUESTRAS	VOLUMEN DE AIRE PROMEDIO (ml)	VOLUMEN DE AIRE PATRON (ml)	PORCENTAJE DE AIRE %
1	33	12.66	320	3.956
2	45	15.52	320	4.850
3	47	16.98	320	5.306
4	72	2.94	320	0.919
5	33	11.67	320	3.647
6	44	10.45	320	3.266
7	66	15.00	320	4.688
9	68	12.07	320	3.772
10	88	15.65	320	4.891
11	30	7.55	320	2.359
12	33	23.77	320	7.428
13	30	4.92	320	1.538
14	53	11.85	320	3.703
15	71	9.73	320	3.041
16	32	1.95	320	0.609
17	40	9.10	320	2.844
19	30	22.83	320	7.134
20	35	7.80	320	2.438
21	79	6.37	320	1.991
22	47	17.33	320	5.416
23	30	22.93	320	7.166
24	40	11.31	320	3.534
25	104	3.35	320	1.047
26	60	9.21	320	2.878
27	43	17.01	320	5.316
28	30	18.94	320	5.919
29	45	17.47	320	5.459
30	33	8.36	320	2.613
37	60	16.98	320	5.306
38	30	4.44	320	1.388
39	61	5.62	320	1.756
40	33	7.82	320	2.444
41	30	17.47	320	5.458
44	30	17.47	320	5.460
46	30	17.47	320	5.459
50	30	4.76	320	1.488
51	59	7.00	320	2.188
52	10	13.73	320	4.291
TOTAL MUESTRAS	1734	VOLUMEN DE AIRE PROMEDIO	320.00	VOLUMEN DE AIRE PATRON
		12.04	%	3.762
		DE AIRE	DE AIRE	

MICROMEDIDORES VERIFICADOS POR MODELO GUADALAJARA JAL.

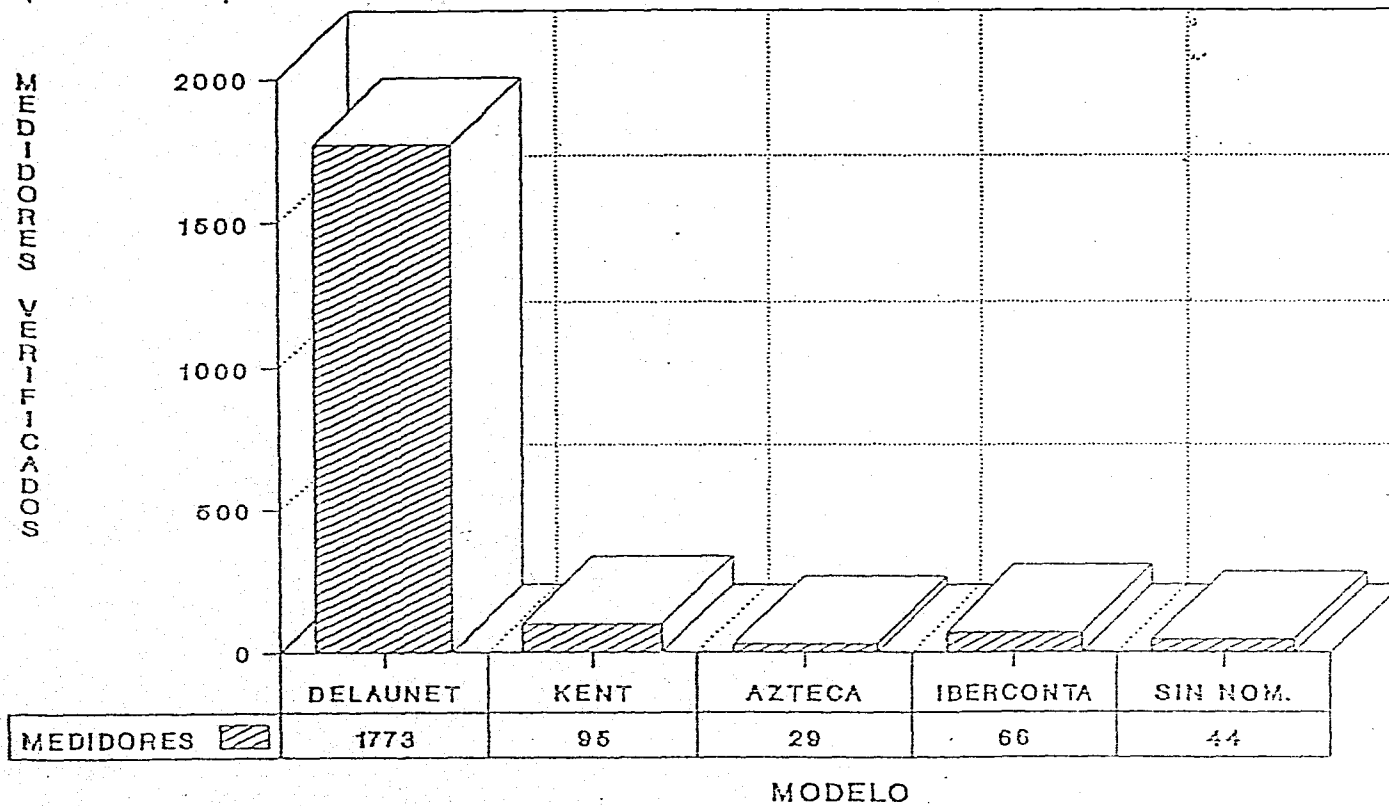
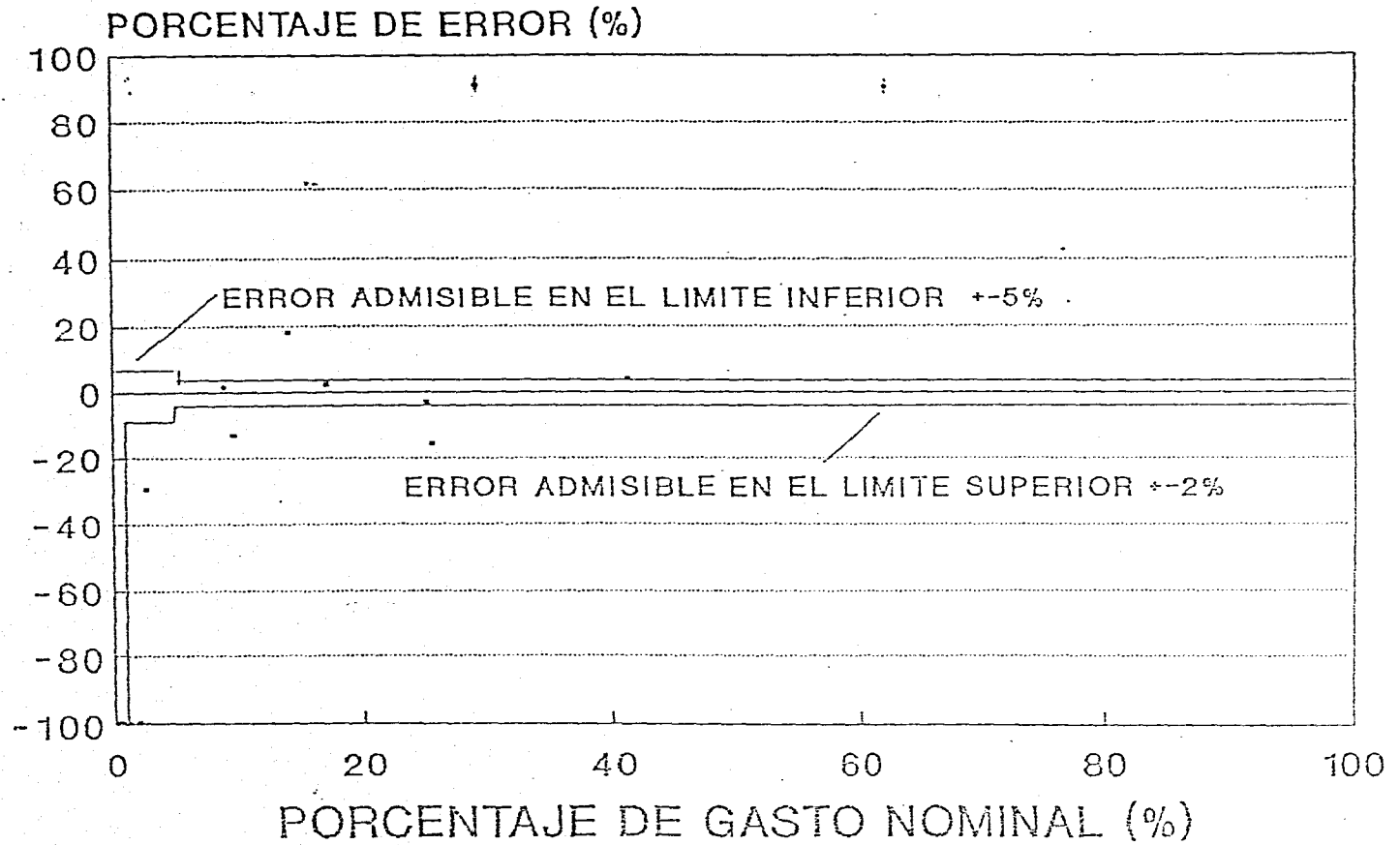
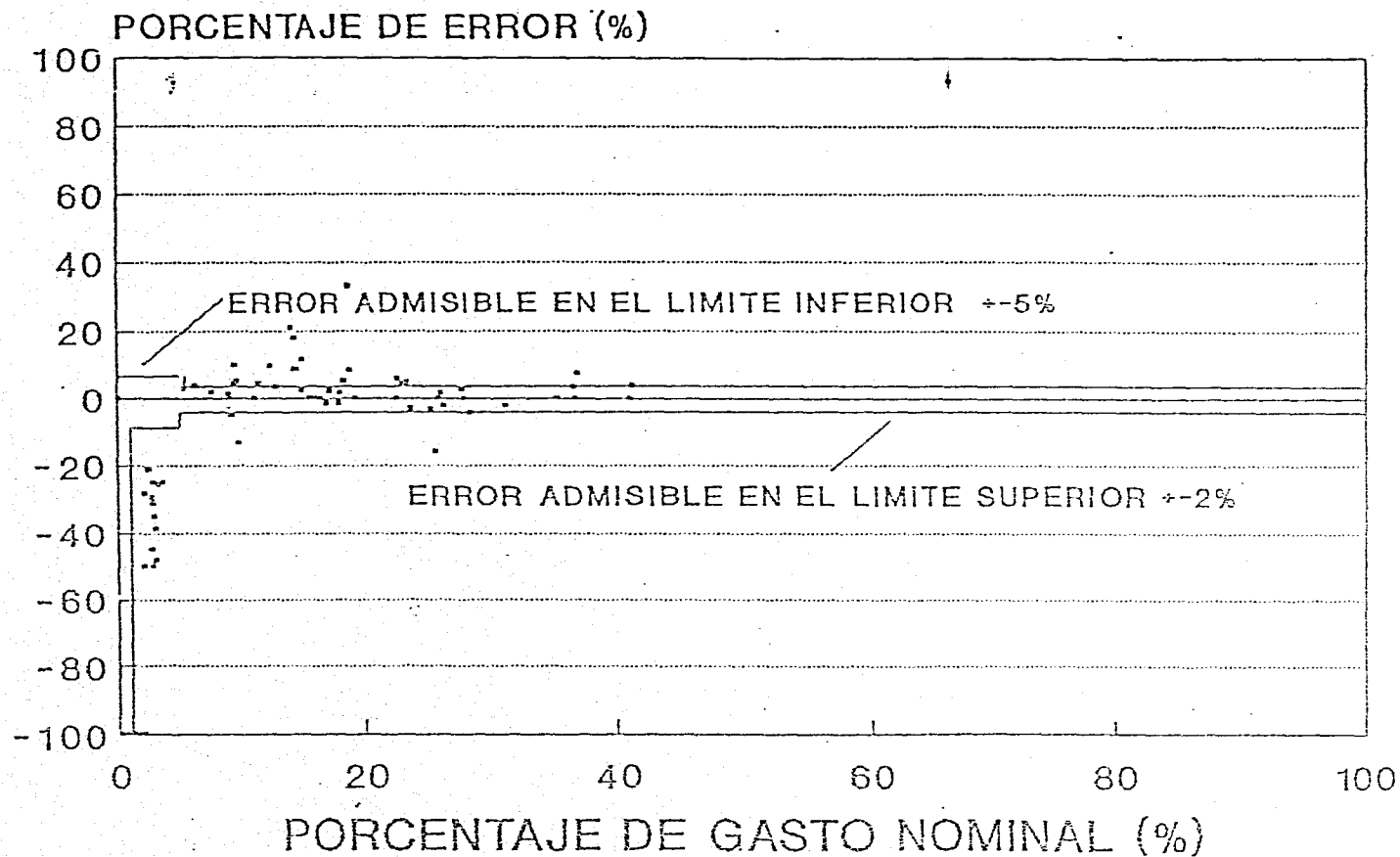


Lámina 7.1

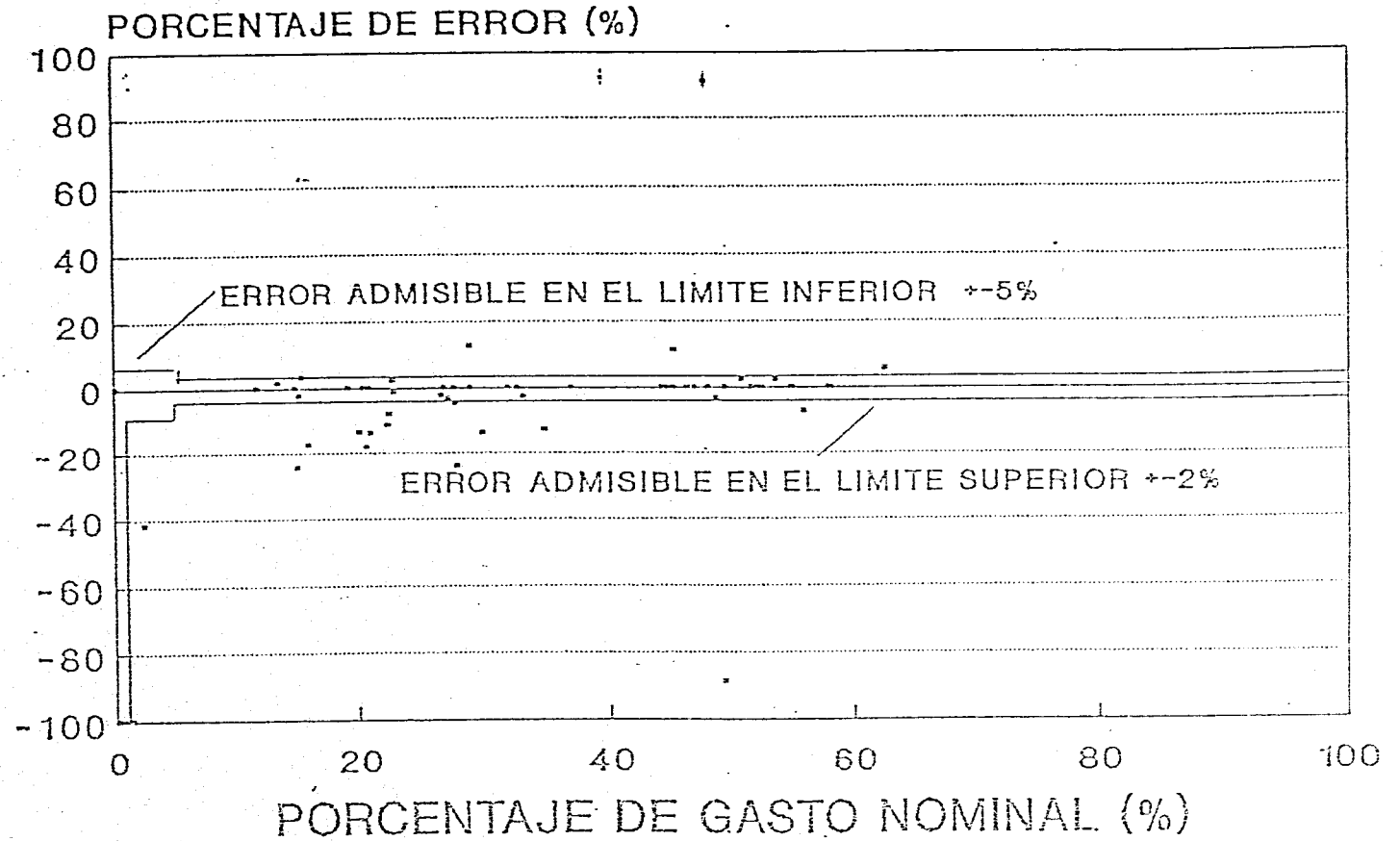
CURVA DE ERROR MICROMEDIDOR AZTECA



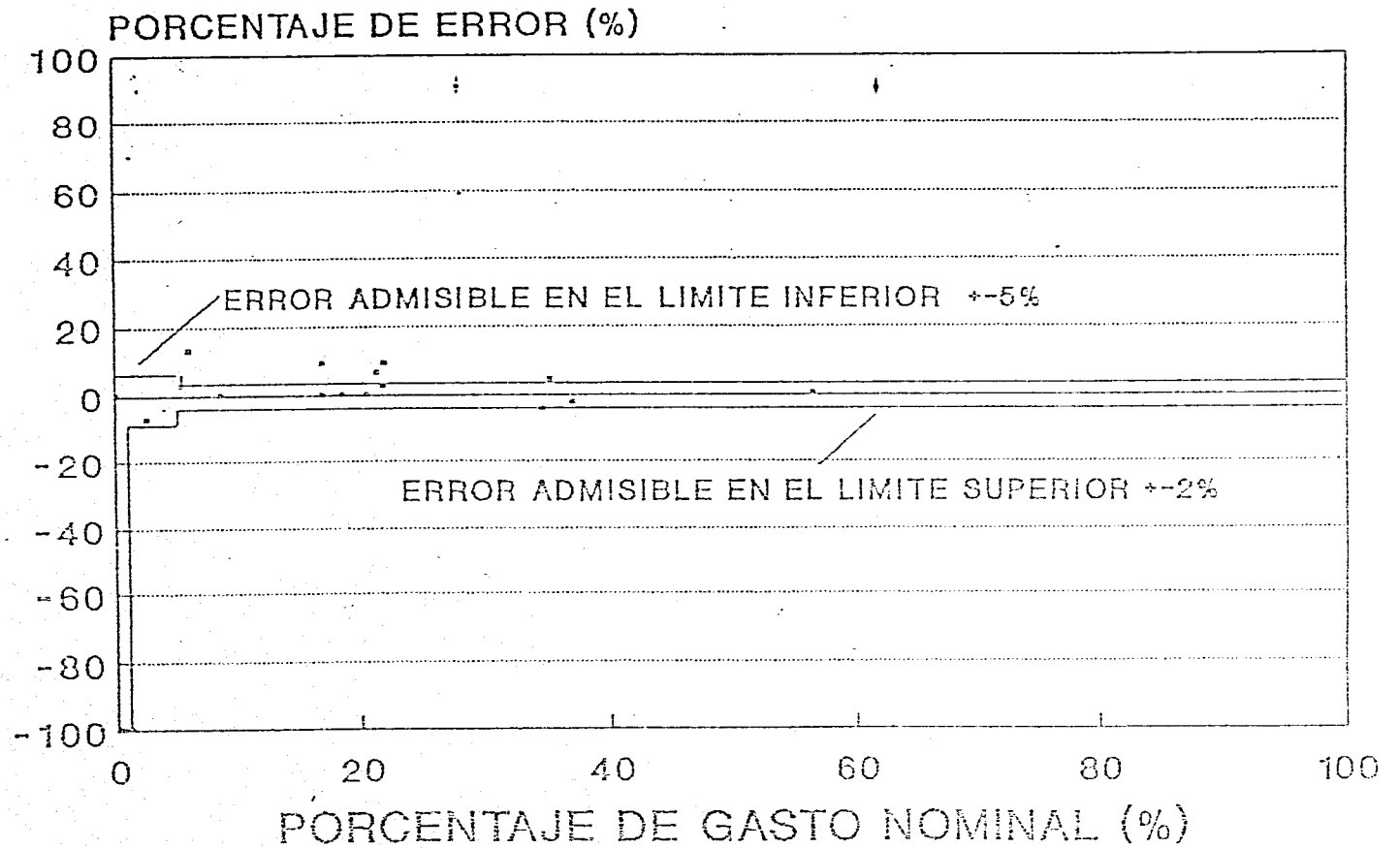
CURVA DE ERROR MICROMEDIDOR DELAUNET



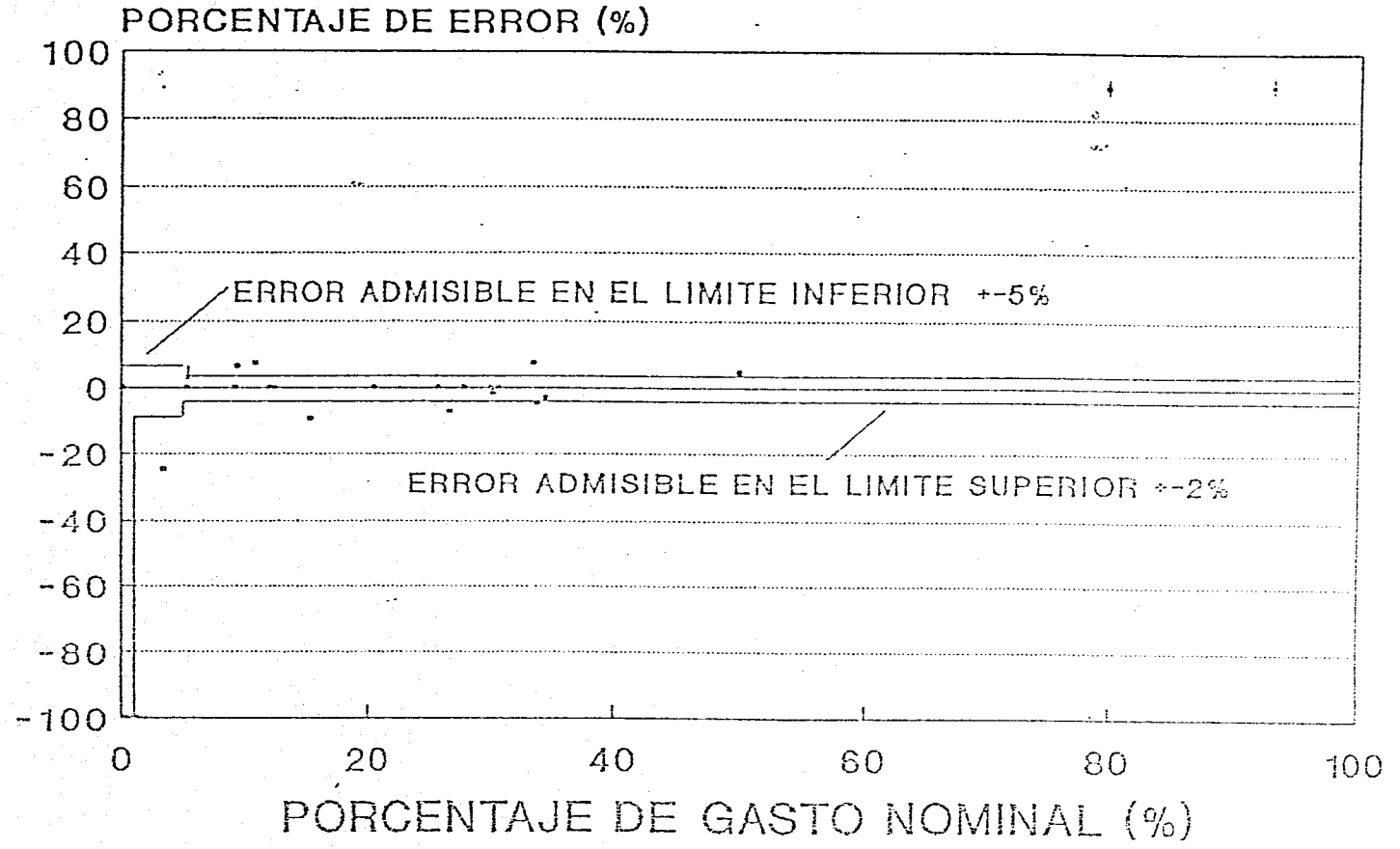
CURVA DE ERROR MICROMEDIDOR KENT



CURVA DE ERROR MICROMEDIDOR IBERGONTA



CURVA DE ERROR MICROMEDIDOR S/MARCA



8. ANALISIS GLOBAL DE PERDIDAS

En éste capítulo se realiza el balance general de los principales resultados derivados del estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de agua Potable de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal.

8.1. Análisis Global

Para llevar a cabo el balance general de los resultados con respecto al gasto total entregado por las fuentes de abastecimiento, se utilizan en este caso los resultados correspondientes a las fugas en tomas domiciliarias y redes de tubería, además de los gastos de consumo facturado de altos consumidores y los gastos domiciliarios y no domiciliarios calculados.

A continuación se muestra la expresión 8.1, de balance general entre las componentes que intervienen en el consumo de agua de la zona metropolitana de Guadalajara, Jal. En este caso todas las componentes son conocidas o se determinarán en este mismo capítulo, la única componente que quedará como incógnita a determinar será el gasto perdido por tomas clandestinas.

$$Q_{\Sigma} = Q_{facd} + Q_{faco} + Q_{cald} + Q_{calo} + Q_{ft} + Q_{fr} + Q_{tomcl}$$

donde:

- Q_{sum} gasto suministrado a la zona metropolitana
- Q_{facd} gasto facturado de altos consumidores domiciliarios
- Q_{faco} gasto facturado de altos consumidores no domiciliarios
- Q_{cald} gasto domiciliario calculado
- Q_{calo} gasto no domiciliario calculado
- Q_{ft} gasto total de fugas en tomas domiciliarias
- Q_{fr} gasto total de fugas en red
- Q_{tomcl} gasto por tomas clandestinas

CUADRO 8.1

TOMAS DOMICILIARIAS EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL.

	TOMAS SIN MEDIDOR		TOMAS CON MEDIDOR	
	DOMICILIARIAS	NO DOMICILIARIAS	DOMICILIARIAS	NO DOMICILIARIAS
ZONA POPULAR	45,869	25,544	184,053	6,992
ZONA MEDIA	53,552	29,824	222,732	8,462
ZONA RESIDENCIAL	15,339	8,543	23,551	895
FUERA DE ZONA CATASTRAL	288	160	387	15
TOTAL	115,048	64,071	430,733	6,364

Como ya se mencionó, de las 629,042 tomas existentes en la zona metropolitana, 449,923 tienen servicio medido.

De las estadísticas proporcionadas por el Organismo Operador en el mes de Mayo se tiene que el gasto facturado de altos consumidores domiciliarios y no domiciliarios es:

$$Q_{\text{facd}} = 22.74 \text{ lps} \quad (194 \text{ tomas})$$

$$Q_{\text{faco}} = 484.11 \text{ lps} \quad (2,632 \text{ tomas})$$

El número de tomas de los altos consumidores se le resta al número de tomas totales con medidor, quedando 447,097 tomas con medidor, mientras que el número de tomas sin medidor continúan siendo 179,119. Estas tomas restantes, con medidor y sin este, se desglosan por clase socioeconómica, domiciliarias y no domiciliarias, mostrados en el cuadro 8.1.

Basándose en los consumos y los índices de hacinamiento obtenidos de los censos realizados en los DPs, se promedian por clase socioeconómica, resultando de la siguiente forma:

Zona socioeconómica	Dotación (l/h/d)	Índice de Hacinamiento (hab/viv)
Zona Residencial	295.43	4.64
Zona Media	152.59	4.55
Zona Popular	112.29	5.38

Para determinar el gasto calculado doméstico, primero se obtiene la suma de las tomas domiciliarias con y sin medidor (cuadro 8.1), por zona socioeconómica, para después hacer el producto con el índice de hacinamiento y consumo per cápita real correspondiente, para finalmente sumar cada uno de estos resultados obtenidos por clase socioeconómica, esta descripción se plantea a continuación:

$$Q_{\text{cald}} = ((229,922)(5.38)(112.29)) + ((276,284)(4.55)(152.59)) + ((38,900)(4.64)(295.43)) = 384,044 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{cald}} = 4,445 \text{ lps}$$

El consumo calculado no doméstico se obtiene de forma similar al anterior, variando sólo la suma de las tomas no domiciliarias por clase socioeconómica, este procedimiento se ilustra a continuación:

$$Q_{\text{calo}} = ((32,536)(5.38)(112.29)) + ((38,286)(4.55)(152.59)) + \\ + ((9,438)(4.64)(295.43)) = 57,175 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{calo}} = 685 \text{ lps}$$

Y por último sustituyendo en la fórmula del balance general todas las componentes, se tiene:

$$9,885 = 22.74 + 484.11 + 4,445 + 685 + 2,843.37 + 637.43 + Q_{\text{tomcl}}$$

Despejando el gasto por tomas clandestinas resulta lo siguiente:

$$Q_{\text{tomcl}} = 767.53 \text{ lps}$$

Los porcentajes de pérdidas y consumos de todas las componentes resultan como sigue:

Q_{sum}	9,885.18 lps (100%)
Q_{facd}	22.74 lps (0.23%)
Q_{faco}	484.11 lps (4.90%)
Q_{cald}	4,445.00 lps (44.97%)
Q_{calo}	685.00 lps (6.93%)

Q◀ft 2,843.37 lps (28.76%)
Q◀fr 637.43 lps (6.45%)
Q◀tomcl 767.53 lps (7.76%)

La pérdida total resulta de 4,248.33 lps, incluyendo las ocurridas en tomas y redes, además de la pérdida ocurridas por consumo clandestino. Dicha pérdida representa el 42.98% del caudal total suministrado al área metropolitana de Guadalajara, Jal.

9. RECOMENDACIONES , PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

9.1. RECOMENDACIONES Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

Las fugas tienen reflejos sociales y económicos importantes en la población, ya que se trata de agua captada, bombeada, tratada, almacenada, distribuida, que se pierde debido a fallas en el sistema de abastecimiento y distribución. En el presente capítulo se abordan planteamientos de solución en lo relativo a disminución de los actuales niveles de pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua potable a la zona metropolitana de la Cd. de Guadalajara(ZMG).

9.1.1. Tomas Domiciliarias

La toma domiciliaria es el elemento que mide la eficiencia y calidad del servicio prestado por el Organismo Operador, ya que ningún otro elemento es fácilmente accesible al usuario. Su adecuada instalación depende de una selección cuidadosa de los materiales que se utilizan, una mano de obra calificada y la observación total de las normas y especificaciones para su instalación.

9.1.2. Análisis Económico de Pérdidas

A continuación se explica una forma sencilla para representar la pérdida en dinero por concepto de fugas y la relación beneficio-costos entre el precio del agua de fuga que se ahorraría en un año en caso de implementar un programa de sustitución de tomas y el costo de la sustitución de las mismas. El gasto de fuga promedio por toma domiciliaria obtenido en este estudio, es de 0.030467 lps (capítulo 4), mientras que el costo promedio por metro cúbico de agua es de N\$ 0.95, considerando este valor constante para todo el año, resulta que se pierden 960.8 m³/año por toma con fuga, que se traducen a N\$ 912.767/año.

Si se toma en cuenta que el costo de sustitución de una toma domiciliaria, incluyendo tubería, inserción, llave de banqueta, cuadro de medidor y mano de obra, es de N\$ 450, se concluye que sustituir una toma domiciliaria cuesta menos de la mitad del valor del volumen de agua que se pierde en un año.

La relación de beneficio-costos en un año resulta de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{\text{N\$ 912.767/año}}{\text{N\$ 450}} = 2.03$$

En términos generales se puede afirmar que es rentable la sustitución de tomas domiciliarias en el área metropolitana de Guadalajara sin embargo es conveniente realizar un análisis

mas detallado por zona catastral, dada la magnitud de la población en estudio.

El análisis por zona catastral se basó en los datos antes mencionados, donde el volumen de fuga al año es el gasto total de fugas obtenido en el cuadro 4.4, extrapolado a un año, mientras que el precio del agua de fuga en un año es el valor antes obtenido por el costo del metro cúbico; dicho valor refleja el beneficio que se tendría si se dejara de perder este volumen de agua en un año. El costo de sustitución de tomas es el número total de tomas que presentan fuga por el costo unitario de la sustitución, esto es, el costo que se tendría en caso de implementar el programa. El análisis detallado se muestra en el cuadro 9.1.

Es de importancia observar que este indicador no está en proporción directa con el gasto de fuga total que se presentó en cada zona catastral, reafirmando que no son precisamente las zonas con más volumen las que presentan la relación B/C más desfavorable; una zona puede presentar un pequeño gasto de fuga, contener pocas tomas domiciliarias y presentar un gasto unitario de pérdida por toma elevado, con lo cual resulta más rentable sustituir las tomas de dichos sectores que en otros con volúmenes mayores de pérdidas, tal es el caso de la zona 46 (cuadro 9.1).

El análisis planteado sirve de base para definir un programa de sustitución de tomas domiciliarias, abordado en el siguiente subinciso.

9.1.3. Plan de Reparación y Sustitución de Tomas Domiciliarias

Para establecer una política de prioridades para el control de fugas, se deben tomar las zonas catastrales con relación B/C superior a lo económicamente permisible.

Se plantea un programa a mediano plazo con el fin de disminuir gradualmente el porcentaje de fugas, hasta alcanzar el mínimo permisible, desde el punto de vista técnico y económico. Para cubrir tal objetivo, debe implantarse paralelamente un servicio de identificación, información, reparación y contabilidad de fugas visibles y no visibles, en que haya participación activa de los diferentes sectores de la población.

El programa de sustitución se plantea con base en los resultados obtenidos en el análisis de pérdidas en tomas domiciliarias (capítulo 4, cuadro 4.4) y en la evaluación económica de las pérdidas, por sector realizada con base en el procedimiento descrito en el inciso anterior (cuadro 9.1), planteándose cuatro etapas de sustitución de tomas:

1a. etapa, es la que tiene prioridad por su rentabilidad y beneficio esperado, sustituyendo las tomas domiciliarias con fuga de las zonas catastrales que tengan una relación beneficio/costo mayor o igual de 4.

2a. etapa, son las zonas catastrales que tengan una relación beneficio-costo mayor o igual que 3 y menor que 4.

ANALISIS ECONOMICO DE PERDIDAS EN TOMAS DOMICILIARIAS
EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE GUADALAJARA, JAL.

ZONA	NUMERO DE TOMAS	% TOMAS CON FUGA	NUM. DE TOMAS CONFUGA	GASTO DE FUGA PROM. (L/SEG)	GASTO TOTAL DE FUGA (L/SEG)	VOLUMEN DE FUGA (M ³ /AÑO)	PRECIO DE VOL. FUGA (NS/AÑO)	COSTO DE SUSTIT. DE TOMAS (NS)	B/C
1	20,753	11.46	2,382	0.0538	128.104	4059689	3,837,894	1,072,100	3.58
2	25,189	7.50	1,889	0.0289	54.540	1719989	1,633,989	956,129	1.92
3	25,709	17.98	4,622	0.0114	52.696	1661829	1,578,738	2,080,115	0.76
4	21,350	15.63	3,337	0.0501	167.151	5271261	5,007,693	1,501,652	3.33
5	19,852	5.71	1,134	0.0627	71.051	2240660	2,128,627	510,097	4.17
6	40,091	11.97	4,799	0.0285	137.392	4332804	4,116,163	2,159,502	1.91
7	33,232	6.49	2,057	0.0392	81.809	2579938	2,450,941	925,677	2.65
8	24,022	6.94	1,667	0.0531	68.458	2789604	2,650,123	750,207	3.53
9	28,069	18.29	5,134	0.0453	232.767	7340556	6,973,525	2,310,219	3.02
10	26,941	19.23	5,181	0.0300	155.578	4908309	4,660,994	2,331,339	2.00
11	12,701	21.62	2,746	0.0478	131.284	4140177	3,933,168	1,235,680	3.18
12	13,749	17.50	2,406	0.0720	173.286	5464732	5,191,496	1,082,734	4.79
13	6,242	30.00	1,873	0.0417	72.031	2460793	2,337,754	842,670	2.77
14	29,265	16.28	4,764	0.0125	59.602	1879606	1,735,328	2,143,954	0.33
15	21,272	11.29	2,402	0.0580	139.197	4389724	4,170,238	1,030,724	3.86
16	11,857	14.29	1,694	0.0415	70.262	2216422	2,105,601	762,464	2.76
17	27,643	8.64	2,388	0.0382	91.167	2975686	2,731,902	1,074,760	2.54
19	12,606	21.62	2,725	0.0278	75.653	2385937	2,266,641	1,226,438	1.85
20	11,589	20.51	2,377	0.0165	39.266	1238307	1,176,392	1,069,607	1.10
21	17,220	11.76	2,025	0.0134	27.055	853205	810,545	911,282	0.89
22	7,128	26.67	1,901	0.0162	30.773	970609	922,073	855,467	1.08
23	28,536	18.10	5,165	0.0408	210.764	6647294	6,314,929	2,324,257	2.72
24	21,624	27.00	5,838	0.0146	84.950	2678920	2,545,031	2,627,316	0.97
25	26,429	28.95	7,651	0.0216	165.113	5206997	4,946,647	3,443,038	1.44
26	9434	16.67	1,573	0.0433	68.127	2148456	2,041,033	707,692	2.88
27	6236	16.67	1,040	0.0119	12.412	391429	371,857	467,794	0.79
28	14533	18.18	2,642	0.0350	92.579	2919576	2,773,598	1,188,945	2.33
29	14808	9.30	1,377	0.0451	62.068	1957373	1,859,504	619,715	3.00
30	914	26.67	244	0.0370	9.019	284431	270,210	109,694	2.46
37	3559	16.67	593	0.0170	10.114	318941	302,994	266,978	1.13
38	12067	8.57	1,034	0.0611	63.145	1991331	1,891,755	465,364	4.07
39	10536	25.80	2,731	0.0043	11.717	369501	351,026	1,229,035	0.29
40	9385	10.00	939	0.0409	38.403	1211090	1,150,536	422,325	2.72
41	3774	13.33	503	0.0789	39.698	1251903	1,189,308	226,383	5.25
44	4997	10.00	500	0.0303	15.136	477326	453,460	224,865	2.02
46	1213	11.11	135	0.1127	15.193	479137	455,180	60,644	7.51
50	1964	13.33	262	0.0353	9.249	291690	277,106	117,811	2.35
51	629	16.67	105	0.0323	3.387	106606	101,466	47,184	2.15
52	6999	12.90	903	0.0029	2.645	83426	79,254	406,292	0.20

3a. etapa, el rango de la relación beneficio/costo que se toma para esta etapa es, mayor o igual de 2 y menor de 3.

4a. etapa, en esta el rango de la relación beneficio/costo se plantea mayor o igual de 1.5 y menor de 2.

En el cuadro 9.2 se muestra tabularmente cada una de las cuatro etapas consideradas, en las cuales se indica el rango de prioridad, la zona catastral correspondiente al mismo y el número de tomas que se deberán sustituir para llegar a las metas planteadas. El número total de tomas del programa es de 54,956.

Las zonas catastrales que resultaron con una relación beneficio/costo menor de 1.5 no se toman en cuenta en el programa de sustitución de tomas, ya que en dichos casos ambos rubros son de orden similar (en algunos inclusive mucho menores los beneficios), lo cual indica que es prácticamente igual el beneficio de una sustitución total que el de una reparación de la toma. Las zonas que se encuentran en este caso son la 3, 4, 14, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 37, 39 y 52.

En el cuadro 9.3 se muestran los niveles de pérdida esperados, en caso de cubrir cada una de las etapas del programa antes mencionado, observándose que en dicho caso se espera un nivel de pérdidas en tomas domiciliarias del orden del 14.6%, con un gasto asociado de 1442 lps, es decir una reducción del 22% con respecto al nivel actual de pérdidas (28.7%).

9.2. Método de Sustitución de Tomas Domiciliarias

Se recomienda utilizar una nueva técnica de sustitución de tomas, que se empieza a aplicar en algunas ciudades del país, con la cual se evita la ruptura de banquetas y pavimentos y los tiempos ocupados se reducen considerablemente, este método se describe con detalle a continuación.

9.2.1. DESCRIPCION

Como primer paso se localiza tanto la línea de conducción principal como el lugar de la inserción, donde se encuentra la toma a reemplazar.

Se excava una zanja en ambos extremos, tanto en el lado del medidor como en el tubo principal, para descubrir la inserción.

Se corta en ambos extremos la tubería a sustituir, cerrando previamente la valvula de inserción.

Se introduce un cable de acero dentro del cono guía hasta alcanzar el topo, después se coloca el cople al cono con la nueva tubería, asegurándose de que quede bien sujeta. este

PROGRAMA DE SUSTITUCION DE TOMAS DOMICILIARIAS
EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL.

PRIMERA ETAPA $B/C \geq 4$		
PRIORIDAD	ZONA	# DE TOMAS
1	46	135
2	41	503
3	12	2406
4	5	1134
5	38	1034
TOTAL		5212

SEGUNDA ETAPA $4 > (B/C) \geq 3$		
PRIORIDAD	ZONA	# DE TOMAS
1	15	2402
2	1	2382
3	8	1667
4	4	3337
5	11	2746
6	9	5134
7	29	1377
TOTAL		19045

TERCERA ETAPA $2 \leq B/C < 3$		
PRIORIDAD	ZONA	# DE TOMAS
1	26	1573
2	13	1873
3	16	1694
4	23	5165
5	40	939
6	7	2057
7	17	2388
8	30	244
9	50	262
10	28	2642
11	51	105
12	44	500
13	10	5181
TOTAL		24623

CUARTA ETAPA $1.5 \leq B/C < 2$		
PRIORIDAD	ZONA	# DE TOMAS
1	2	1889
2	6	4799
3	19	2725
TOTAL		9413

CUADRO 9.3

NIVEL DE REDUCCION DE PERDIDAS PARA DIFERENTES
ETAPAS DEL PROGRAMA DE SUSTITUCION DE TOMAS
DOMICILIARIAS, GUADALAJARA, JAL.

ETAPA APLICADA	% TOTAL DE PERDIDAS EN TOMAS DOMICILIARIAS	GASTO PERDIDO (L/S)	% DE REDUCCION DE FUGAS
1	27	2,665.53	3
1+2	18	1,792.42	12
1+2+3	10	943.74	20
1+2+3+4	7	696.55	23

paso se recomienda que se efectue en el lado del medidor.

Se introduce el cable de acero por la tubería a sustituir, hasta que alcance el extremo opuesto y el cono guía quede al tope del corte de la tubería.

En el extremo opuesto del medidor, con la pinza se sujeta el cable de acero y mediante el gancho, se asegura el mecanismo con que se realiza la tensión.

Se efectúa el "tirón" hasta que aparezca la nueva tubería en el extremo, donde se encuentra la inserción.

-Se desconecta el cople del cono guía, para dejar libre el lado de la nueva tubería y se procede a realizar las conexiones en la inserción y en el medidor.

-Una vez hechas las conexiones, se procede a suministrar el agua para probar la hermeticidad de la instalación (verificar probables fugas en las conexiones).

Por último se recubren las excavaciones realizadas de acuerdo con los procedimientos acostumbrados, repavimentando finalmente para evitar el riesgo de dejar baches en los sitios descritos.

En la lámina 9.1 se ilustra el método de sustitución de tomas descrito en este apartado.

9.2.2.VENTAJAS

Las ventajas de esta técnica de sustitución de tomas domiciliarias son:

Disponibilidad del equipo cuyo costo no es elevado lo que permite una rápida recuperación de la inversión.

Facilidad y rapidez de manejo.

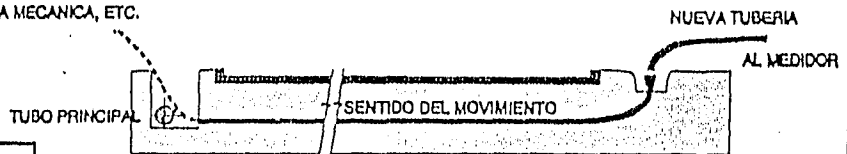
El tiempo de sustitución de la tubería en una toma domiciliaria se reduce considerablemente, de un promedio de 8 horas, hasta aproximadamente 2 horas ya que actualmente el rendimiento por cuadrilla empleando los métodos convencionales, realiza una sustitución al día por brigada, en tanto que con esta herramienta se han logrado realizar 5 sustituciones por cuadrilla.

Mediante este procedimiento, no es necesario excavar todo el terreno que cubre a la tubería que se va a sustituir lo que se traduce en un ahorro sustancial de los costos de recuperación.

Con el empleo de esta técnica no es necesario interrumpir el tránsito vehicular, ya que el arroyo de la calle no es bloqueado, dado que las excavaciones se realizan en el medidor y en el lugar donde se encuentra el tubo distribuidor.

METODO DE SUSTITUCION DE POLIDUCTO EN TOMAS DOMICILIARIAS

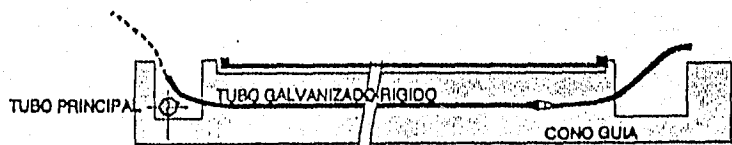
CABLE TENSIONADO
POR WINCH, CAMION
PALA MECANICA, ETC.



10 MINUTOS EN PROMEDIO
ES EL TIEMPO DE REPLAZO
DESPUES DE LAS EXCAVACIONES

Una vez expuesta la inserción en el tubo principal. Desconectase la tubería dañada y corte del lado del medidor. Introduzca la HERRAMIENTA DE SUSTITUCION comenzando por el cable de acero a travez de la toma dañada. realice el "tirón" hacia afuera del cable de tensión utilizando la pinza de sujeción. A medida que el cable es jalado, la HERRAMIENTA DE SUSTITUCION se desliza a travez del tubo viejo y jala el nuevo servicio o tubo de cobre al mismo tiempo

Sustitución de Tubo Rigido



REMUOVE EL TUBO EXISTENTE COMPLETAMENTE INTACTO

Formas de Tirar o Jalar el cable de acero

La herramienta de sustitución puede ser jalada desde la tubería principal o desde el lado del medidor utilizando un winch o malacate, u n camión pequeño mediante, un vehículo equipado, etc.

la sustitución se realiza simultaneamente es decir, a medida que es retirado el tubo existente, se coloca la nueva tubería.

Esta técnica permite sustituir tubería de cualquier tipo de material como poliducto, cobre, galvanizado, etc.

9.2.3.DESVENTAJAS

Las desventajas de esta técnica de sustitución de tomas domiciliarias son:

-La herramienta es de fabricación extranjera lo que hace necesario tener que trasladarse al lugar de origen para adquirirla o bien solicitarlo por otros medios que pueden encarecerla y mantener un tiempo de espera mientras es surtido el pedido.

-Se debe contar con un mecanismo apropiado que permita extraer la tubería al sustituir e introducir la tubería nueva.

9.3.Micromedición

9.3.1. Problemática de la micromedición

Al efectuar los trabajos de verificación y procesamiento de la información de micromedidores recopilada en campo, se establecieron diversos puntos que integran la problemática en este rubro, mismos que se mencionan brevemente a continuación:

Un buen porcentaje de los micromedidores instalados presentan fuga, hecho provocado principalmente porque se encuentran ubicados en el exterior de cada domicilio y son muy susceptibles, al maltrato de los transeúntes; otra punto importante es la mala instalación, lo que provoca que al poco tiempo de colocado, se inicien fugas por falta de presión en las tuercas, empaques y aplicación de cinta teflón.

Para atenuar este problema se recomienda que se tenga un control de calidad en la mano de obra e instalación, que se inicie un programa de mantenimiento realizando recorridos para hacer ajustes en el sitio mismo e iniciar la concientización de la población sobre el cuidado e importancia de los aparatos.

Muchos de los micromedidores verificados no se encontraban funcionando, algunos de estos a causa de usuarios que alteran el mecanismo de operación. Este problema se puede atenuar, realizando una campaña de mantenimiento permanente a los micromedidores y asignar a los lecturistas la responsabilidad de supervisar y reportar el mal funcionamiento, fuga o alteración en el funcionamiento normal de los aparatos.

Al obtener los rangos de operación de los micromedidores verificados (2,007) se encontró que, 1,408 se encuentran en un rango de funcionamiento inferior, 597 en rango normal y

solo 2 en un rango superior (cuadro 7.3), lo cual indica que el 70.15% funcionan por debajo del gasto nominal del micromedidor.

Se recomienda que al efectuar campañas de instalación de micromedidores se tome en cuenta un análisis de los consumos por usuario, con objeto de instalar el tipo de medidor adecuado, principalmente en lo referente a grandes consumidores; cabe mencionar en este punto que cuando el aparato no es el adecuado para realizar la medición, en general todas las marcas de los existentes tienen a submedir, es decir, a registrar menor volumen del que realmente consume el usuario.

9.3.2. Decisión de Instalar Micromedidores

Como ya se mencionó el Sistema de Agua cuenta con un 71.5% de micromedición, lo que representa que existen 179,119 tomas sin micromedidor, por lo cual es importante considerar un análisis de factibilidad de instalación de estos aparatos.

La decisión de medir o no el consumo de agua de los diversos usuarios deberá someterse al análisis de costo-beneficio; los costos de la medición están compuestos de la compra e instalación del medidor y de los gastos ulteriores de mantenimiento del aparato, lecturas y facturación. Hay beneficios si los medidores inducen a los consumidores a derrochar menos agua, logrando de esa forma ahorros en los costos de producción. Además de proporcionar información más precisa al Organismo Operador del abastecimiento de agua, los medidores facilitan la detección de pérdidas de líquido en la red de distribución y, por lo tanto, permiten conseguir ahorros. No obstante, como neutralización de esos beneficios, la reducción de la cantidad de agua que consume el usuario puede representar cierta pérdida para él; como la tarifa se eleva de cero (al costo marginal) hasta una cifra positiva, los beneficios del agua que tiene un valor unitario entre cero y la nueva tarifa se perderán, y el costo adicional de la medición puede significar, si no se procede con cuidado, que muchas familias de menos ingresos no tendrán acceso al agua corriente.

En muchos casos, la decisión de instalar medidores puede adoptarse comparando el valor actual (o su equivalente anual) de los gastos de medición con el valor actual (o su equivalente anual) de los beneficios logrados, es decir, el ahorro en el costo de producción menos el valor del consumo sacrificado. Como raras veces se puede pronosticar con certeza la disminución del consumo que seguirá a la instalación de medidores, la mejor forma de abordar el problema consiste en hacer para cualquier categoría de consumidor las preguntas siguientes: ¿Qué disminución del consumo será suficiente para justificar la medición del agua?, ¿Es probable que produzca una disminución del consumo?.

Los costos de medición por conexión se deben calcular de la manera siguiente:

Concepto

Compra de micromedidor.

Instalación
Equipo auxiliar
Costo total de la conexión
Costo anual (mantenimiento y lecturas)
Costo global por año (suponiendo una tasa de descuento del 10 por ciento y una vida útil de cinco años)

La comparación que antecede no incluye la pérdida que experimentan los consumidores debido a la disminución del consumo originada por la instalación de medidores, que puede determinarse aplicando una u otra de las siguientes hipótesis extremas: primera, la reducción del volumen de agua a los locales del consumidor no implica costo alguno (es decir, el agua no se habría destinado a ningún uso útil y no se crea ningún gasto; por ejemplo, reparaciones o herrajes de plomería, al limitar el derroche mediante la instalación de medidores), y segunda, después del ajuste debido al medidor, la demanda de agua es perfectamente inelástica para la tarifa entre cero y la aplicada al agua medida, en otras palabras, las variaciones de la tarifa después de instalados los medidores no afectan el consumo.

En este análisis deberá incluirse no solo la comparación del consumo agregado en los locales con y sin medidor, sino también la labor más difícil al tratar de determinar el tipo de uso de agua según las diversas categorías de consumidores. Esta información quizá permita formar un juicio sobre el grado de derroche que se evitará con la instalación de medidores, en vez del uso real de agua, obteniéndose así una indicación de la naturaleza de la curva de demanda del líquido. Por ejemplo, si se derrocha agua simplemente porque un consumidor no se molesta en cerrar la llave puede suponerse que la pérdida que le originaría la reducción del caudal mediante medición es igual a cero.

Ya que se haya llegado a la decisión de la instalación del micromedidor, se procede a efectuar un análisis de cual es tipo más adecuado para el servicio que está realizando esta toma domiciliaria (doméstico, industrial, comercial, etc), porque es muy común encontrar un medidor que no está trabajando dentro del rango de funcionamiento para el que fue diseñado, ya sea porque es insuficiente el diámetro o sea muy sobrado en capacidad.

En los cuadros 9.4 y 9.5 se muestra el análisis de instalación de micromedidores, en el cual se describe la rentabilidad por medio de una relación beneficio/costo durante tres años para distintos consumos mensuales por toma domiciliaria. Se observa que es rentable la instalación de micromedidores para consumos mayores de 30 m³/toma/mes, ya que la relación beneficio/costo que se presenta a partir de este rango es de 1.24, sin embargo, el beneficio en la instalación del micromedidor es más marcado a partir del siguiente rango, con B/C de 1.63, es decir, para consumos mayores de 100 m³/toma/mes. Los datos de ingreso por toma, utilizados para realizar los cálculos, se tomaron de estadísticas mensuales incluidas en el reporte de Facturación de Servicio Medido por Rango de Consumo para 1992; en cuanto a los costos de producción del agua por rango, se consideró el de energía

eléctrica de 1.32 N\$/m³, definido con base en datos reportados para el mismo año.

9.4. Redes de distribución

9.4.1. Problemática Actual

El gasto de pérdida en la red resultó de 637.43 lps lo que representa un 6.45% del total suministrado a la zona metropolitana de Guadalajara. (capítulo 5, cuadro 5.5), el cual es más pequeño que el gasto perdido por fugas en tomas domiciliarias, sin embargo, no por ello es menos importante controlar la pérdida que tiene lugar en este rubro.

Al efectuar los trabajos de campo se pudo constatar que las principales causas que provocan las fugas en la red son altas presiones en zonas donde se tiene instalada tubería de clase A-5, debido a que no se tenía considerado la puesta en operación de nuevas fuentes de suministro, como es el caso de la primera etapa del sistema regional La Zurda - Presa Calderón y la planta San Gaspar. Otra de las causas de ocurrencia de fugas en red (y tomas) es la ubicación de los árboles cercanos a las líneas de tubería, con lo cual sea por el peso o por las raíces de los mismos, estrangulan las tuberías, dañándola en ocasiones y generando con ello fugas no visibles.

Las fugas visibles en la red de distribución se caracterizan por tener gastos grandes, lo que pueden provocar daños de importancia en los alrededores debido a la socavación; en muchos casos las pérdidas de agua son considerables, por lo cual se recomienda que se realice una programación de acciones concretas para agilizar la reparación de este tipo de fugas.

Las fugas no visibles son también de gran importancia, debido a que estas pueden provocar daños considerables no contemplados, que con el tiempo pueden ser aún más dañinos que los ocasionados por las visibles; para este tipo de fugas se recomienda principalmente establecer un programa de recorridos para localización de fugas en la red, mediante el uso del equipo denominado MICROCORR - 4 super, recientemente adquirido por el Organismo Operador. Este programa se recomienda realizarlo prioritariamente en las zonas catastrales 12, 6, 10, 9 y 23, en las cuales es más aguda la problemática de fugas en la red, según fue definido en el presente estudio.

9.4.2. Programa de Rehabilitación y Sustitución de tuberías

Para la reparación de red primaria o secundaria, se recomienda trabajar en seco, coordinándose con el personal encargado de las maniobras del cierre de válvulas.

En caso de no poder interrumpir el flujo de agua, se recomienda que se tenga considerado:

Equipo y herramienta necesaria para la reparación.
Abatimiento del agua en la zona de trabajo por medio de

motobomba.

Conexiones temporales para la reparación de la fuga.

Canalizar el agua hacia la alcantarilla mas cercana, durante el tiempo de reparación.

Un método recomendado para el saneamiento o renovación de redes de distribución (el cual es aplicable para las ampliaciones e instalaciones de redes nuevas), es el tendido del tramo de tubería nueva. Una proyección técnica, una selección correcta del trazo (evitando la instalación en sitios cercanos a los árboles u otro elemento con potencial de daños para la tubería) y un tendido cuidadoso, constituyen los requisitos para lograr una red que necesite el mínimo de mantenimiento y que pueda operar con seguridad. Las ventajas de un nuevo tendido radican en que además del aumento de la sección transversal para futuras necesidades, se pueden utilizar materiales mejorados para las tuberías y sus conexiones.

El Sistema de Agua Potable de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal, tiene actualmente un programa de rehabilitación de redes; a continuación se mencionan las acciones que se plantean en este programa:

El Programa General de Acciones considera como prioridad aplicarlo en 20 colonias, que presentan alta incidencia de fugas a causa de:

- a) El inicio de la operación de la planta San Gaspar, dado que se presentó un aumento de presión en su zona de influencia; cabe mencionar que a causa de los fuertes desniveles existentes, las presiones no son homogéneas en el área abastecida.
- b) Que la edad de las tuberías en varios casos supera los 20 años.
- c) Que la mayor parte de las zonas en consideración tienen tubería clase A-5, donde las presiones reales encontradas rebasan la capacidad de trabajo de la tubería instalada. Se plantea entonces que se requiere sustituir la mayoría de la tubería por clase A-7, A-10 y A-14. Las colonias que se consideran con prioridad para llevar a cabo las acciones mencionadas se listan a continuación:

- 1.- Jardines Alcalde
- 2.- Sta. Elena Alcalde
- 3.- Autocinema
- 4.- Auditorio
- 5.- Tabachines
- 6.- Constitución
- 7.- Sta. Cecilia
- 8.- Huentitán el Bajo
- 9.- Victor Hugo
- 10.- Sta. Elena de la Cruz
- 11.-Indígena de Mezquitán

- 12.- La Palmita
- 13.- División del Norte
- 14.- Lomas del Paraiso
- 15.- Rancho Nuevo
- 16.-Independencia Poniente
- 17.- Guadalupana
- 18.- La Experiencia
- 19.- Benito Juárez
- 20.- Balcones de la Cantera

9.5. Fugas en Otros Sistemas

9.5.1. Líneas de Conducción

En las líneas de conducción generalmente las fugas se presentan, en las juntas o uniones y en el cuerpo del tubo, las primeras en uniones flexibles y las segundas corresponden a tuberías perforadas y rajadas por el efecto de esfuerzos concentrados y sobrepresiones .

Para poder localizar y determinar el gasto de las fugas en las líneas de conducción, se recomienda utilizar la siguiente técnica:

- Instalar un dispositivo de medición (el cual puede ser un tubo Pitot, macromedidor o equipo de ultrasonido), al inicio y otro al final del tramo de línea que se requiere verificar. Determinando con esto la existencia de fuga y gasto, haciendo la diferencia de los gastos medidos por los equipos instalados.

Para determinar la ubicación más precisa de la fuga, se puede utilizar el equipo electrónico denominado MICROCORR - 4 SUPER, el cual fue adquirido recientemente por el Organismo Operador.

Es de gran importancia que se realice la detección de fugas en las líneas de conducción, las cuales pueden ser de gastos considerables, esto se puede ver claramente en los cuadros 3.1 y 3.2 donde se muestran los gastos de producción y de distribución, existiendo diferencia entre ambos componentes.

9.5.2. Tanques

El agua puede fugarse de los tanques por cuarteamiento o rebozamiento, las primeras pueden ser o no visibles. Se puede determinar si en los tanques existen estas fugas cerrando la entrada y la salida, verificando que las válvulas cierren herméticamente y midiendo la altura que desciende el agua en un determinado tiempo. El producto entre dicha altura y el área del tanque, dividido entre el tiempo, representa el gasto de fuga. Las fugas por

rebozamiento son de gran magnitud, por lo que hay que tener gran atención en la inspección y mantenimiento de las válvulas de control del nivel en los tanques.

Se realizó una prueba de cierre del Tanque Alamo Industrial, llegando a la conclusión de que existen fugas de líquido cuyo mecanismo de desalojo son las grietas del tanque. Finalmente se observa la necesidad de establecer un programa de verificación de las estructuras de los tanques como medida de control de pérdidas.

10. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones derivadas del presente estudio son listadas a continuación:

10.1.1 En cuanto a las tomas domiciliarias.

El gasto perdido por fugas en tomas resultó de 2,843.37 lps (28.76%), los resultados más sobresalientes de los 750 aforos realizados en campo se describen a continuación, mencionando las zonas catastrales más perjudicadas por cada una de las fallas encontradas, con el fin de determinar prioridades en las acciones recomendadas para abatir más rápidamente los gastos perdidos:

1.-La ocurrencia de fugas y gastos extrapolados más elevados por este concepto se presentaron en las zonas catastrales 9, 23, 12, 25, 10, 15, 6 y 11, con un gasto de 232.77, 210.78, 173.29, 165.11, 155.58, 139.2 y 131.28 lps, respectivamente.

2.-De las 750 fugas aforadas el 47.07% (338 fugas) se presentaron en el acoplamiento del medidor, como ya se mencionó, este elevado porcentaje es a causa del mal trato de las personas y falta de mantenimiento. Mientras que en la tubería de la toma se presentaron 222 fugas lo que representa el 29.6% del total, siguiéndoles con menos porcentajes la inserción, codo y tuerca unión.

3.-Otro de los resultados notorios fue el del material utilizado en las tomas domiciliarias, el cual para poliducto (no tomando en cuenta las 338 fugas ocurridas en los micromedidores) representa el 50 % (206) de las fugas (412); le sigue el fierro galvanizado con 36.17% (149) y en menor importancia las tomas de PVC y cobre.

4.- En cuanto al tipo de pavimento donde se encontraron la mayor parte de las fugas enterradas (412), se encontraron los siguientes porcentajes: para la terracería 27.91% (115 fugas), en concreto un 25% (103 fugas), en asfalto un 24.27% (100 fugas) y en menor porcentaje empedrado. La problemática en zonas no pavimentadas es considerable, debido a que las tomas se encuentran instaladas a escasa profundidad y al no contar con la protección adecuada se crean condiciones favorables para la ocurrencia de fugas.

10.1.2. Con respecto a las Distritos Pitométricos

Los consumos reales obtenidas en cada uno de estos fueron las siguientes:
Para los distritos residenciales:

10-H	340.26 l/h día
4-Z	304.92 l/h día

23-H 316
Promedio 295.43 l/h día

Para los distrito medios:

19-H 155.62 l/h día
11-R 149.56 l/h día

Promedio 152.59 l/h día

Para los distritos populares:

5-L 110.96 l/h día
RN-H 113.62 l/h día

Promedio 112.29 l/h día

Para el distrito comercial:

1-J 1,359.84 l/t día

Para el distrito industrial:

19-J 19,796.42 l/t día

Se recomienda que las lecturas de los 30 micromedidores ubicados en cada uno de estos distritos se programen durante todo el año, con el fin de poder obtener el comportamiento de los consumos en cada clase socioeconómica y en diferentes épocas del año. En las zonas críticas de pérdidas por fugas, se recomienda la implantación de Distritos Pitométricos, con el fin de mantener confiables los datos de volúmenes perdidos tanto en tomas domiciliarias como en la red de distribución.

10.1.3. En cuanto a las pérdidas por fugas en red y tomas clandestinas

La pérdida por fugas en la red, determinada para toda la zona metropolitana de Guadalajara, resultó de 637.43 lps, lo que representa el 6.45% del suministro total (9,885 lps).

Las zonas catastrales que resultaron con los gastos más elevados de pérdidas por este

concepto fueron: 12, 6, 10, 9, 23 y 7 con un gasto de 63.25, 36.11, 40.89, 35.5, 21.5, 32.15 y 28.48 lps respectivamente, el orden mencionado es el recomendado para llevar a cabo las acciones descritas (la jeraquización fue realizada tomando en cuenta la antigüedad de la tubería de la red de distribución).

En el capítulo 8 se realizó el análisis global de pérdidas, en el cual se estimó que el gasto perdido por tomas clandestinas resulta ser de 767.53 lps, representando el 7.76% del total suministrado a la zona metropolitana de Guadalajara, Jal.

Al efectuarse los trabajos de campo del presente estudio se pudo constatar de la existencia de tomas clandestinas y puentes de micromedidores, por lo cual es importante la supervisión y control constante de los usuarios del servicio.

10.1.4 En cuanto micromedición

De los 2,007 micromedidores verificados el 70.15% (1,408) están funcionando en el rango inferior (menos de 5% del gasto nominal), el 29.746% (597) en el rango normal (entre 5 y 100% del gasto nominal) y sólo 2 micromedidores en el superior (más del 100% del gasto nominal), lo que indica que la gran parte de estos trabajan por debajo de la capacidad máxima nominal.

Los volúmenes de sub y sobremedición obtenidos con la verificación de una muestra de micromedidores, y extrapolados al total de las zonas catastrales, resultan en un neto submedido de 431.09 lps para la zona en estudio, esto representa el 4.36% del total suministrado a la ciudad, señalando que esta componente se mantiene dentro de límites permisibles.

La zona catastral que presentó el gasto más elevado submedido fue la 39 con 70.81 lps, y la zona que presentó el mayor gasto sobremedido es la 24 con 74.93 lps.

Con respecto a la concentración de aire en el agua, se determinó que en las 1,764 tomas domiciliarias en las cuales se realizó esta prueba, se tiene en promedio por toma 17.5 ml de de aire, lo que para efectos prácticos no afecta la posible sobremedición de los micromedidores.

10.1.5. En cuanto a la corrosividad del terreno

De las 1,852 pruebas de resistividad del terreno, se obtuvo que las zonas catastrales que tienen más problema de corrosividad (inversamente proporcional a la resistividad) y no se recomienda utilizar material metálico en tomas domiciliarias y red, son las zonas 29, 21, 36, 27, 20 y 9 con una resistividad de 50.66, 64.36, 66, 70.04, 72.2 y 77.04 Ohms-m; mientras que en el resto de las zonas catastrales no influye el potencial corrosivo del terreno sobre las instalaciones de tomas y redes.

La pérdida total resulta de 4,248.33 lps, incluyendo las ocurridas en tomas y redes, además de la pérdida ocurridas por consumo clandestino. Dicha pérdida representa el 42.98% del caudal total suministrado al área metropolitana de Guadalajara.

10.2. IMPACTO DE LA REHABILITACION DEL SISTEMA EN EL DIFERIMIENTO DE INVERSIONES.

Con base en los resultados de la evaluación de pérdidas en el sistema de distribución de agua potable en la Zona Metropolitana de Guadalajara, se procedió al análisis de alternativas de abastecimiento futuro a la ciudad, jerarquizándolas con base en los costos de inversión por metro cúbico de cada una de ellas.

10.2.1. Análisis de alternativas en la cuenca del río Verde

10.2.1.1. Disponibilidad hidrológica

Como resultado del estudio que se le ha dedicado al análisis de los posibles aprovechamientos de la cuenca del río Verde para suministro de agua potable a la ZMG, se han generado cinco alternativas que se compararán en cuanto a los costos de inversión, operación y mantenimiento, para definir la opción más adecuada de abastecimiento en el tiempo a la esta zona del país.

Las alternativas generadas son las siguientes:

Alt. 1:	Presa La Zurda-El Salto-Purgatorio-ZMG
Alt. 2:	Presa El Salto-Elías González Chávez
Alt. 3:	Presa Picachos-El Salto-ZMG
Alt. 3a:	Presa Picachos-El Salto-Elías González Chávez-ZMG
Alt. 4:	Presa Picachos-El Salto-Elías González Chávez-Purgatorio-ZMG

Para todas estas alternativas se incluyeron los costos de potabilización requeridos acorde con los volúmenes aportados a la ciudad.

Los volúmenes considerados de aportación, fueron determinados en función de las condiciones de aprovechamiento que se reportaron en el estudio: "*Políticas de Operación para las fuentes actuales y futuras de la Zona Metropolitana de Guadalajara*". (2), para cada una de las alternativas analizadas, los cuales indican que en la condición de gasto firme total, fuentes actuales y futuras, pueden suministrar a la ciudad los siguientes gastos:

(2) Estudio hecho por la empresa Planeación Sistemas y Control S.A. para el SIAPA de la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Alternativa		Gasto firme ofertado (m ³ /s)
1.	La Zurda-El Salto-Purgatorio-ZMG	22.3
2.	El Salto-Elías González Chávez	15.1
3.	Picachos-El Salto-ZMG	23.4
4.	Picachos-El Salto-Calderón-ZMG	22.8
5.	Picachos-El Salto-Elías González Chávez-Purgatorio-ZMG	23.9

10.2.2. Selección de la alternativa más conveniente

Del análisis de costos en que se incurre, así como considerando los montos de inversión y requerimientos de agua en la zona metropolitana de Guadalajara, se presenta a continuación el resumen de costos para las alternativas analizadas:

Alternativas	Q	H	L	It	C	J
1.La Zurda-El Salto-Purgatorio	8.8	553.2	2.7	2,738.7	1.74	3
2.El Salto-Elías González Chávez	1.4	-	52.0	503.6	1,51	1
3.Picachos-El Salto-ZMG	9.1	295.0	85.0	2,9217.6	1.61	2
3a.Picachos-El Salto-Elías González Chávez	8.7	339.2	125.0	2,478.1	1.61	2
4. Picachos-El Salto-Elías González Chávez-Purgatorio	10.2	733.5	127.7	3,242.5	1.80	4

fig.10.1

- Q Gasto aprovechable (m³/s)
- H Carga dinámica (m)
- L Longitud total (km)
- It Inversión total (millones de nuevos pesos)
- C Costo por m³ (N\$/m³)
- J Jerarquización

De aquí puede observarse que la alternativa más conveniente corresponde a aquella en que se construye el acueducto El Salto-Elías González Chávez y posteriormente aquellas

correspondientes al Proyecto Picachos en sus dos variantes iniciales. Sin embargo, debido a la diferencia en el valor del costo por metro cúbico que tan sólo asciende al 15% comparando la alternativa 1 contra la 2, se sugiere llevar a cabo el análisis de detalle a nivel proyecto ejecutivo de las alternativas 2 a 4 para poder concluir significativamente sobre aquella que realmente sea la más conveniente.

10.2.3. Análisis de las alternativas del Rto Verde, descontando la inversión ya realizada de la presa El Salto.

Con objeto de llevar a cabo una análisis más realista, en función de las características que se presentan en la actualidad con la obra ejecutada de la Presa El Salto, este análisis se orientó a descontar de los proyectos de inversión de las alternativas analizadas el costo de la Presa El Salto y comparar los resultados así obtenidos.

Alternativas	Q	H	L	It	C	J
1.La Zurda-El Salto-Purgatorio	8.8	553.2	2.7	2,627.6	1.68	4
2.El Salto-Elías González Chávez	1.4	-	52.0	387.9	1.16	1
3.Picachos-El Salto-ZMG	9.1	295.0	85.0	2,798.5	1.55	3
3a.Picachos-El Salto-Elías González Chávez	8.7	339.2	125.0	2,359.1	1.50	2
4. Picachos-El Salto-Elías González Chávez-Purgatorio	10.2	733.5	127.7	3,123.4	1.70	5

fig 10.2

- Q Gasto aprovechable (m³/s)
- H Carga dinámica (m)
- L Longitud total (km)
- It Inversión total (millones de nuevos pesos)
- C Costo por m³ (N\$/m³)
- J Jerarquización

De esta manera, como era de esperarse, el monto correspondiente a la alternativa 2 (Figura 10.2), se reduce significativamente y por consiguiente el costo por metro cúbico se convierte en un elemento fundamental para la selección de esta alternativa como la más conveniente para Guadalajara y por consiguiente, la siguiente fase corresponderá a la de la Presa Picachos-ZMG.

De esta forma, se integró un programa de inversiones y oferta de agua que manifiesta dos opciones alternativas, una de ellas considerando no ejercer acción alguna sobre la incidencia en el consumo por parte de la Institución hacia la población, mientras que la otra opción

considera un programa agresivo de recuperación de caudales mediante la inversión en rehabilitación de tomas, rehabilitación de redes, adecuación de presiones denominado *Programa de Recuperación de Caudales*.

Bajo la primera de las opciones, se consideró la incorporación de las fuentes de abastecimiento a la ZMG de la siguiente manera:

Fuentes	Año de ingreso al sistema
Actuales	Hasta 2000
El Salto	2000
San Marcos	2005
Picachos	2007
Otras fuentes	2017

10.2.4. Alternativa de abastecimiento con aguas subterráneas

Dentro de las condiciones de abastecimiento de agua a la ZMG, se tiene contemplada también la inversión en el proyecto denominado como San Marcos o Domo Sur-La Primavera para explotación del agua subterránea de la zona.

Con objeto de lograr el análisis global de información para abastecimiento de agua a la Zona Metropolitana de Guadalajara, se analizó la información correspondiente a este apartado, en donde se incluye la perforación de 10 pozos y la conducción a través de un acueducto de 22 km de longitud para llevar 1.0 m³/s a la ciudad.

El monto total de inversión requerido en este caso es de N\$197.5 millones de nuevos pesos, para un año, y con un costo por metro cúbico equivalente de N\$0.82/m³, resultando de esta manera hasta este momento, la obra de menor inversión y menor costo por metro cúbico equivalente que se presenta entre las fuentes de abasto a la ZMG.

Esta condición modifica el ingreso de las fuentes de abastecimiento, integrándose de la siguiente forma:

ESTADÍSTICA
 SALUD
 TESTES
 LA BIBLIOTECA

Fuentes	Año de ingreso al sistema
Actuales	Hasta 2000
San Marcos	2000
El Salto	2003
Picachos	2007
Otras fuentes	2017

10.3.2. Programa de recuperación de caudales

De los análisis anteriores, se definieron esquemas de recuperación de agua en: tomas, redes de distribución, tomas clandestinas.

Del análisis de esta información y en función de los costos de inversión que estos representan para recuperar un gasto de hasta 2.5 m³/s, si se aplicara al total de la zona metropolitana, se decidió analizar para cada una de las zonas catastrales el monto de la inversión requerida y el costo por metro cúbico de recuperación que se tendría, obteniéndose lo siguiente:

ZONA CATASTRAL	TOMAS POR REHABILITAR	COSTO	Q FUGA EN TOMAS	COSTO POR m ³ (N\$/m ³)
46	135	78.98	15.2	0.029
12	2,406	1,407.51	173.3	0.046
38	1,034	604.89	63.1	0.054
5	703	411.26	39.9	0.058
1	2,382	1,393.47	128.1	0.061
11	2,746	1,606.41	131.3	0.069
9	5,134	3,003.39	232.8	0.072
29	1,377	805.54	62.1	0.073
26	1,573	920.21	68.1	0.076
13	1,873	1,095.70	78.0	0.079
23	5,165	3,021.53	210.8	0.08
7	2,057	1,203.35	81.8	0.083
17	2,388	1,396.98	91.2	0.086
16	1,288	753.48	49.0	0.086
30	244	142.74	9.0	0.089
50	262	153.27	9.2	0.093
28	2,642	1,545.57	92.6	0.094

51	105	61.43	3.4	0.101
44	500	292.50	15.1	0.109
10	5,181	3,030.89	155.6	0.109
8	1,667	975.19	49.7	0.110
2	1,889	1,105.07	54.5	0.114
6	4,319	2,526.62	120.0	0.118
19	2,725	1,594.13	75.7	0.118
25	7,651	4,475.84	165.1	0.152
37	593	346.91	10.1	0.193
20	2,377	1,390.54	39.3	0.199
22	1,901	1,112.09	30.8	0.203
4	3,337	1,952.15	50.4	0.218
24	5,838	3,415.23	85.0	0.225
21	2,025	1,184.63	27.1	0.245
27	1,040	608.40	12.4	0.275
14	3,526	2,062.71	41.7	0.277
3	4,622	2,703.87	52.7	0.288
39	2,731	1,597.64	11.7	0.766
52	903	528.26	2.6	1.140
SUMA	86339	50,508.32	2,538.4	0.112

La tabla anterior se construyó dividiendo el gasto entre un factor que se obtiene convirtiendo el gasto recuperable en las tomas en un periodo de 20 años, trayendo este dato a *valor presente*. Como puede observarse, el valor ponderado de la inversión en tomas produce un costo por metro cúbico de N\$0.112/m³, valor con un factor de 7 comparado contra el menor costo por metro cúbico traído a la ZMG, correspondiente al del acuífero de San Marcos, N\$0.82/m³.

De esta forma, la rentabilidad de la inversión corresponde en primer término a la recuperación de caudales y posteriormente el resto de las fuentes analizadas.

El impacto que tiene esta acción en el resultado final del sistema, es realmente importante, ya que como puede observarse en las figuras localizadas al final del informe, el no efectuar alguna acción para resolver las fugas que se presentan en el sistema, la necesidad de obras con inversiones por metro cúbico mucho mayores, tienen que iniciarse en el corto plazo.

La implicación fundamental que presentan estas acciones, indican que el diferimiento de las obras de abastecimiento, amén de permitir al sistema la recuperación de su flujo de caja que le dé los márgenes de maniobra suficientes, aprovechará los recursos que se han invertido en llevar agua a la ZMG en toda su magnitud, ya que el agua que se recupera, ya presenta potabilización y su pérdida en la red resulta muy grave.

El programa de incorporación que resulta bajo el esquema de aplicación del programa de recuperación de caudales, indica que la entrada en operación de las obras se podrá realizar como sigue:

Fuentes	Año de ingreso al sistema
Actuales	Hasta 2006
San Marcos	2006
El Salto	2008
Picachos	2012
Otras fuentes	Después de 2020

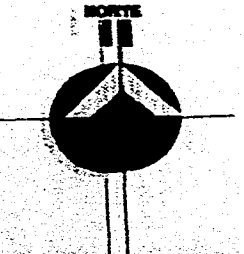
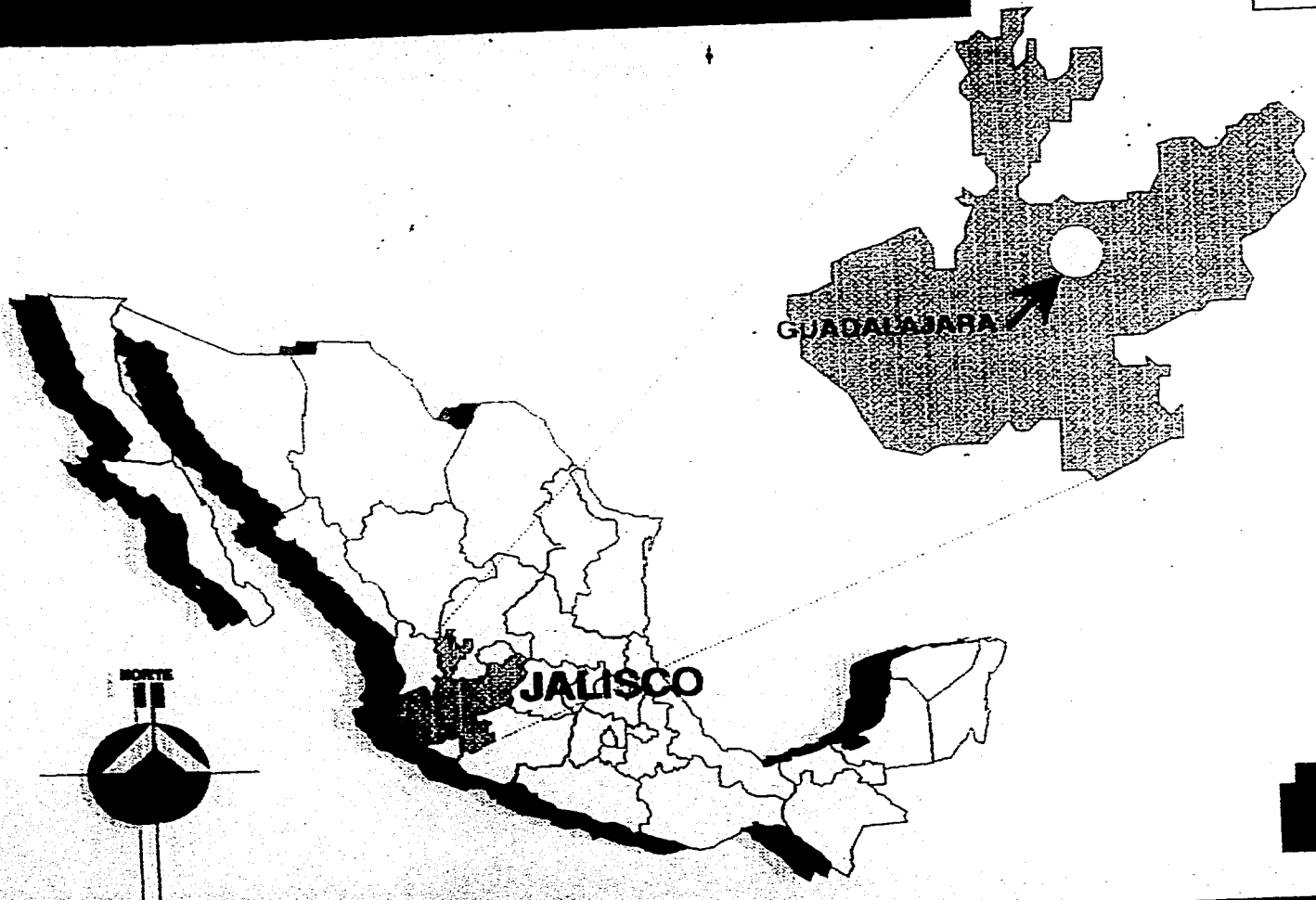
Este estudio se considera que tiene una aportación tecnológica importante, ya que contribuye a la solución del grave problema de fugas que se presenta en los sistemas de agua potable de todo el mundo; pues se puede apreciar que ciudades como los Angeles California en los Estados Unidos de America presentan niveles de pérdida del vital líquido mayores al 35%, Berlin en Alemania pierde alrededor del 20%, Monterrey tiene pérdidas estimadas de un 25 % y Guadalajara como se pudo apreciar tiene pérdidas aproximadas al 40%, si se aplica la metodología descrita, dado que ya se pudo comprobar la bondad de la misma y su aplicabilidad a la ideosincracia mexicana, es posible hacer a los organismos de agua potable de este país autosuficientes económicamente y de esta manera contribuir a la solución de los problemas que nos aquejan, esta solución se considera una solución madura e inaplazable dados los grandes problemas financieros actuales de nuestro país.

BIBLIOGRAFIA:

1. Ochoa, A.L. et al, "Método para cuantificar pérdidas de agua potable en la red de distribución de Guaymas, Son." Memorias del 11o. Congreso Nacional de Hidráulica, Tomo I, Zacatecas, Zac. oct. 1990, pp. 250-261.
2. Curso de Diagnóstico, Detección y Recuperación de Fugas en Sistemas de Distribución de Agua Potable, Comisión Nacional del Agua, 1992.
3. Kell, O., Water Main Evaluation For Rehabilitation Replacement AWWA Research Foundation, Denver Colorado, 1988.
4. Hueb, J.A., Control de fugas en los Sistemas de Distribución de Agua Potable, CEPIS Manual Dtiapa, Lima Perú, 1985, 371 pp.
5. Bolte, O.G., "Wasserverluste Senken", Ortungsgerate und Verfahren. WARSA. Darmstadt 1985.
6. CEPIS, Manual sobre Control de Fugas y Mediciones en Redes de Distribución de Agua, Organización Panamericana de la Salud, Lima Perú, oct. 1983, pp. 66-71.
7. Misch, C.E., "Como ganar la guerra en contra del agua no contabilizada" (traducción), Memorias del 8o. Congreso Nacional de Hidráulica, Tomo I, Toluca, Mex. 1986, pp. 269-280.
8. Des Raj, Teoría del Muestreo, Fondo de Cultura Económica de México, Primera edición en español, México, 1980 pp 305.
9. Mueller Co., Operating Instruction for the Mueller, a Grinnell company, Illinois USA.
10. Leopold Simplex Pitot Equipment, Leopold, USA.
11. Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Agua Potable de la Cd. de León, Gto., Comisión Nacional del Agua, 1992, pp 74-78.

ANEXO A

SECRET
INFORMATION



PLANO N° 1



UP

SUPERIEURE



OBSER

STAT



OB

SUPERIEURE



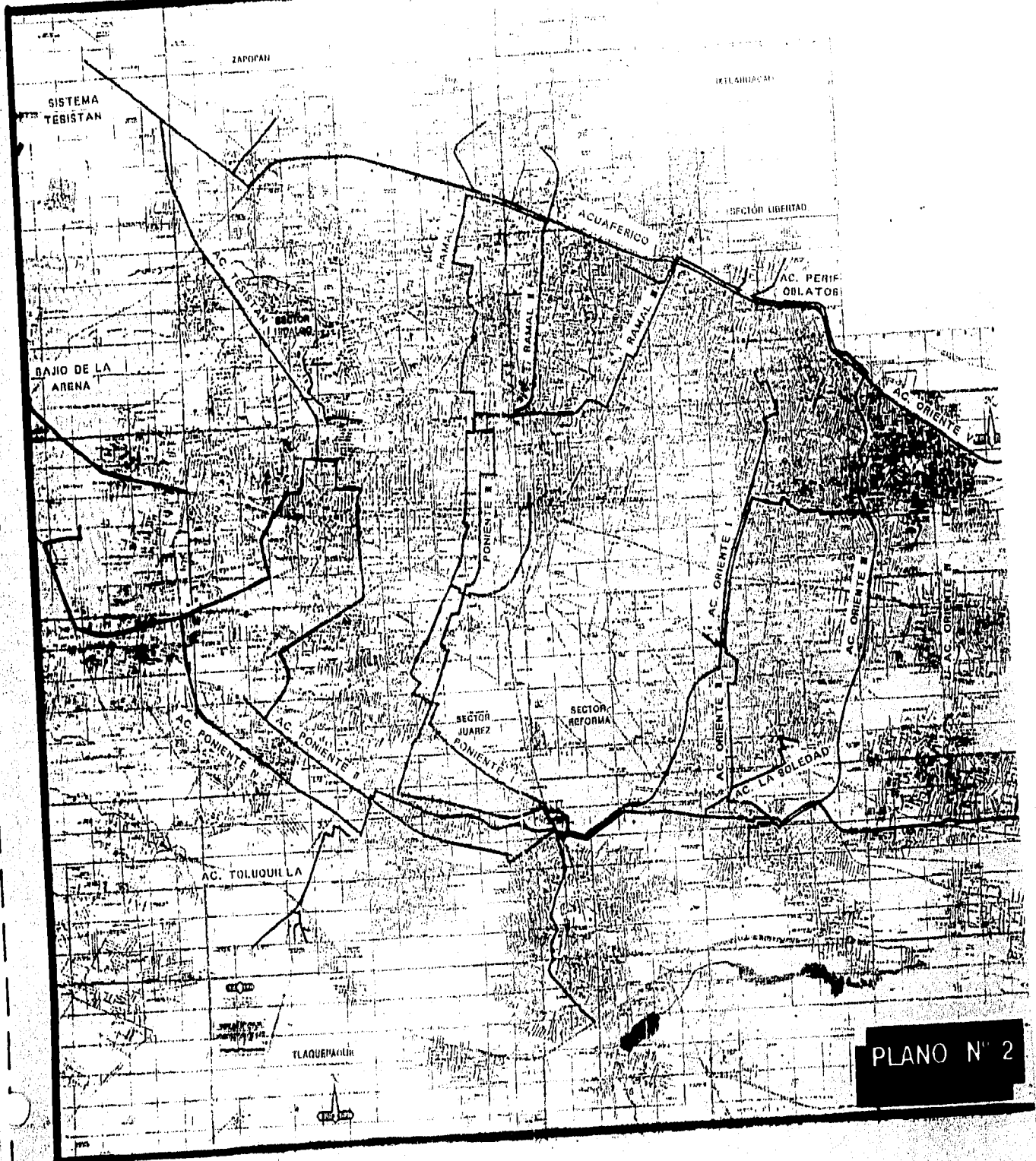
OBSER

STAT





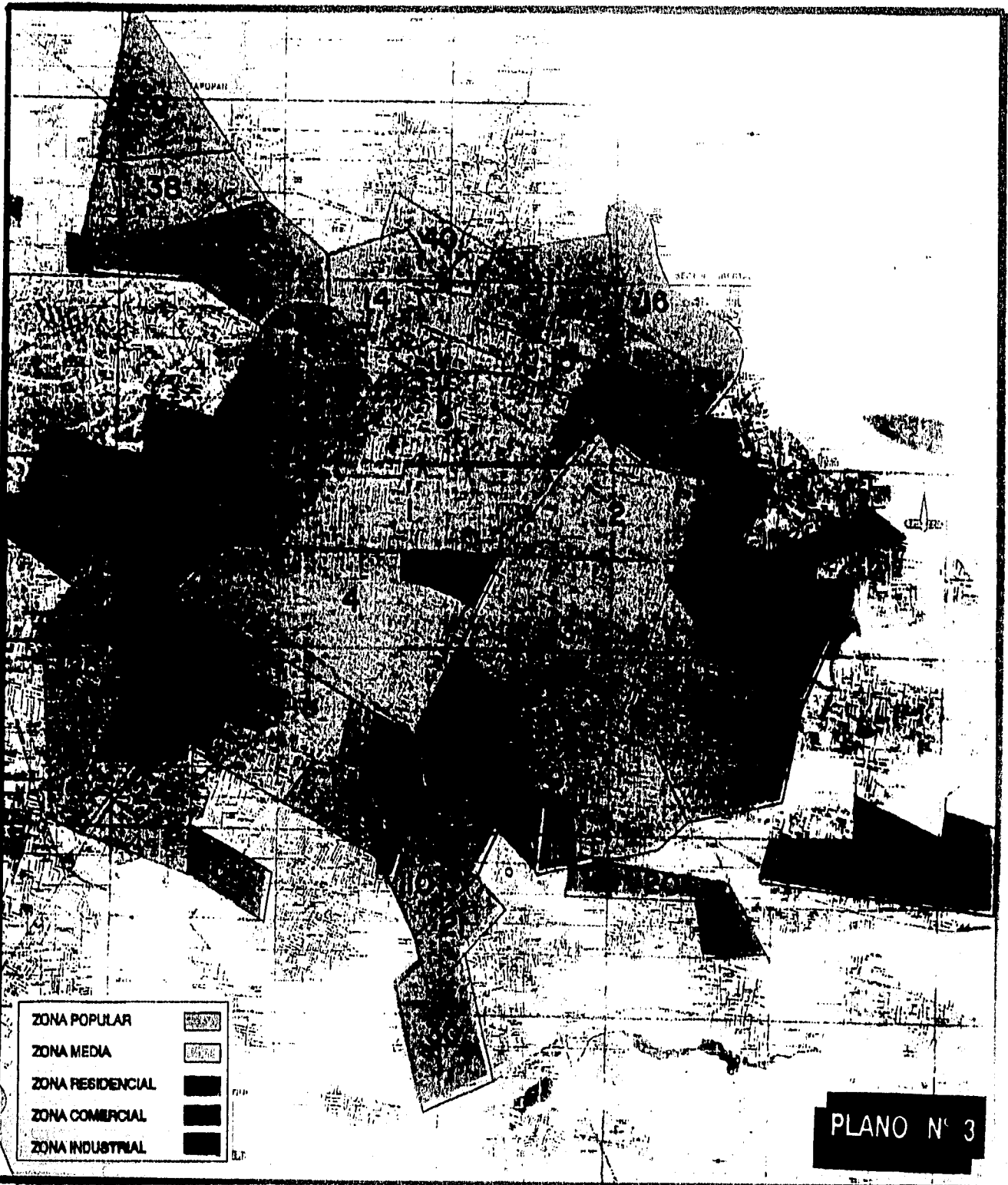
SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA



PLANO N° 2



IDENTIFICACION DE ZONAS SOCIOECONOMICAS

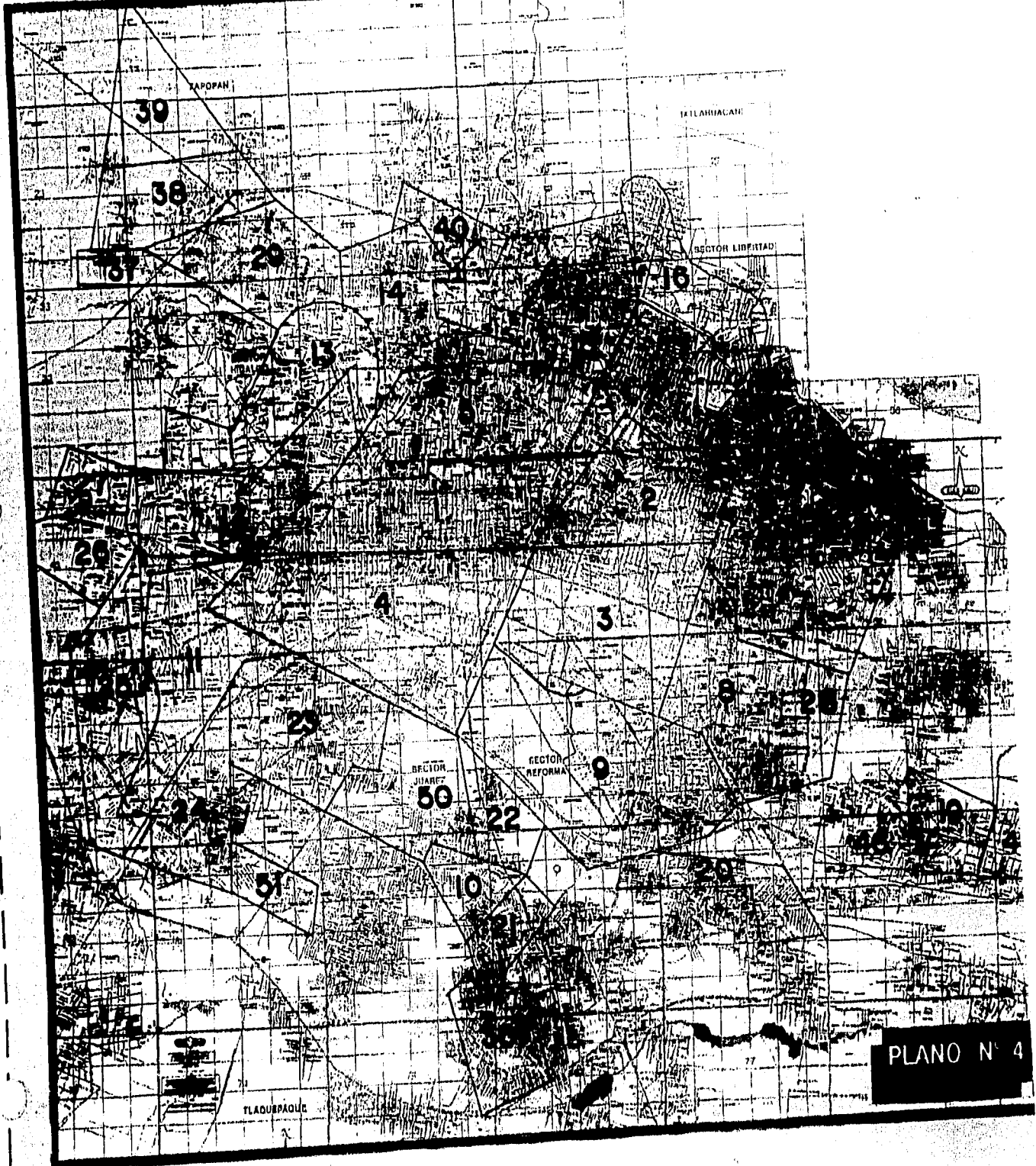


- ZONA POPULAR
- ZONA MEDIA
- ZONA RESIDENCIAL
- ZONA COMERCIAL
- ZONA INDUSTRIAL

PLANO N° 3



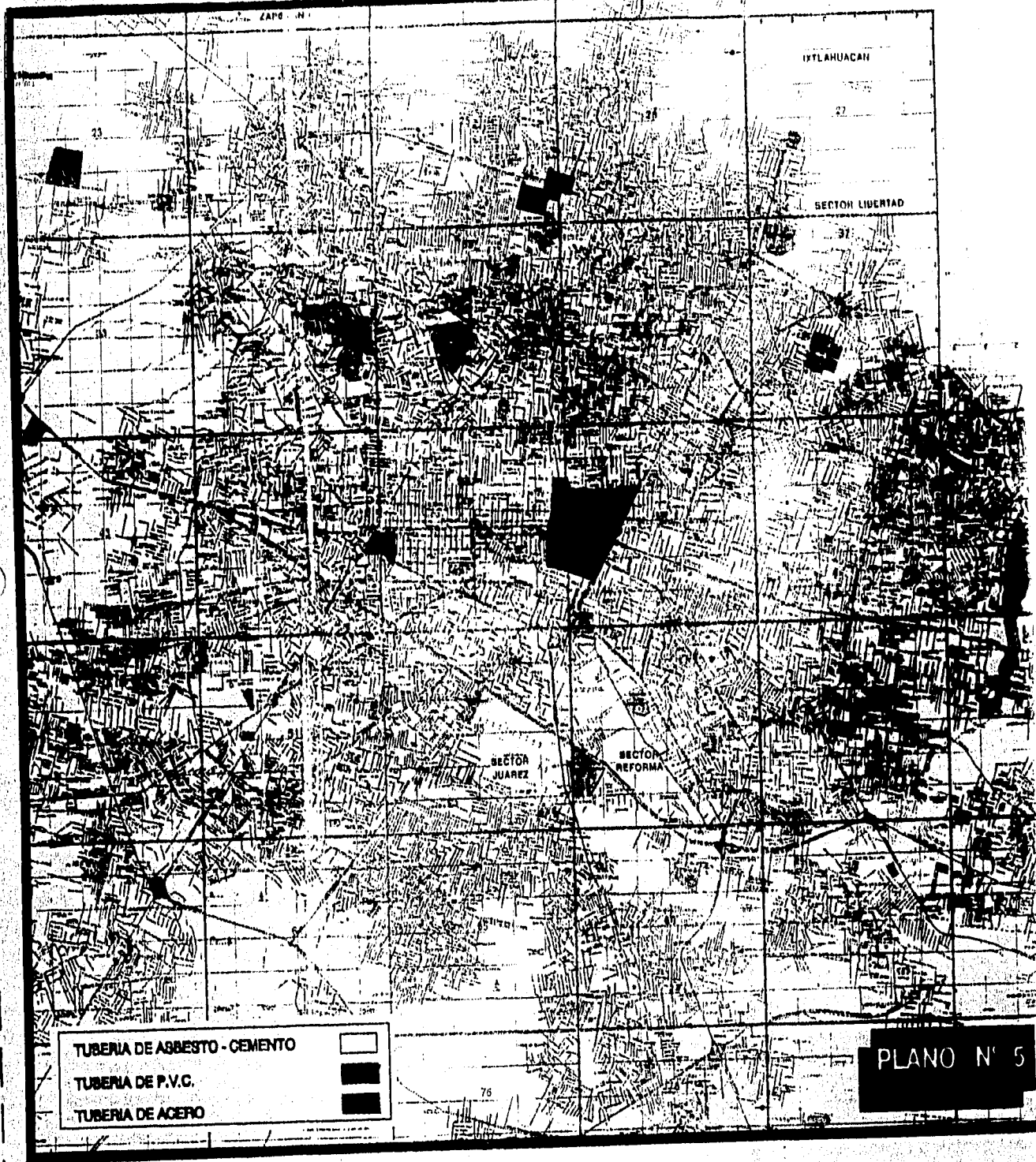
ZONAS CATASTRALES



PLANO N° 4



TIPO DE MATERIAL DE TUBERIA



TUBERIA DE ASBESTO - CEMENTO

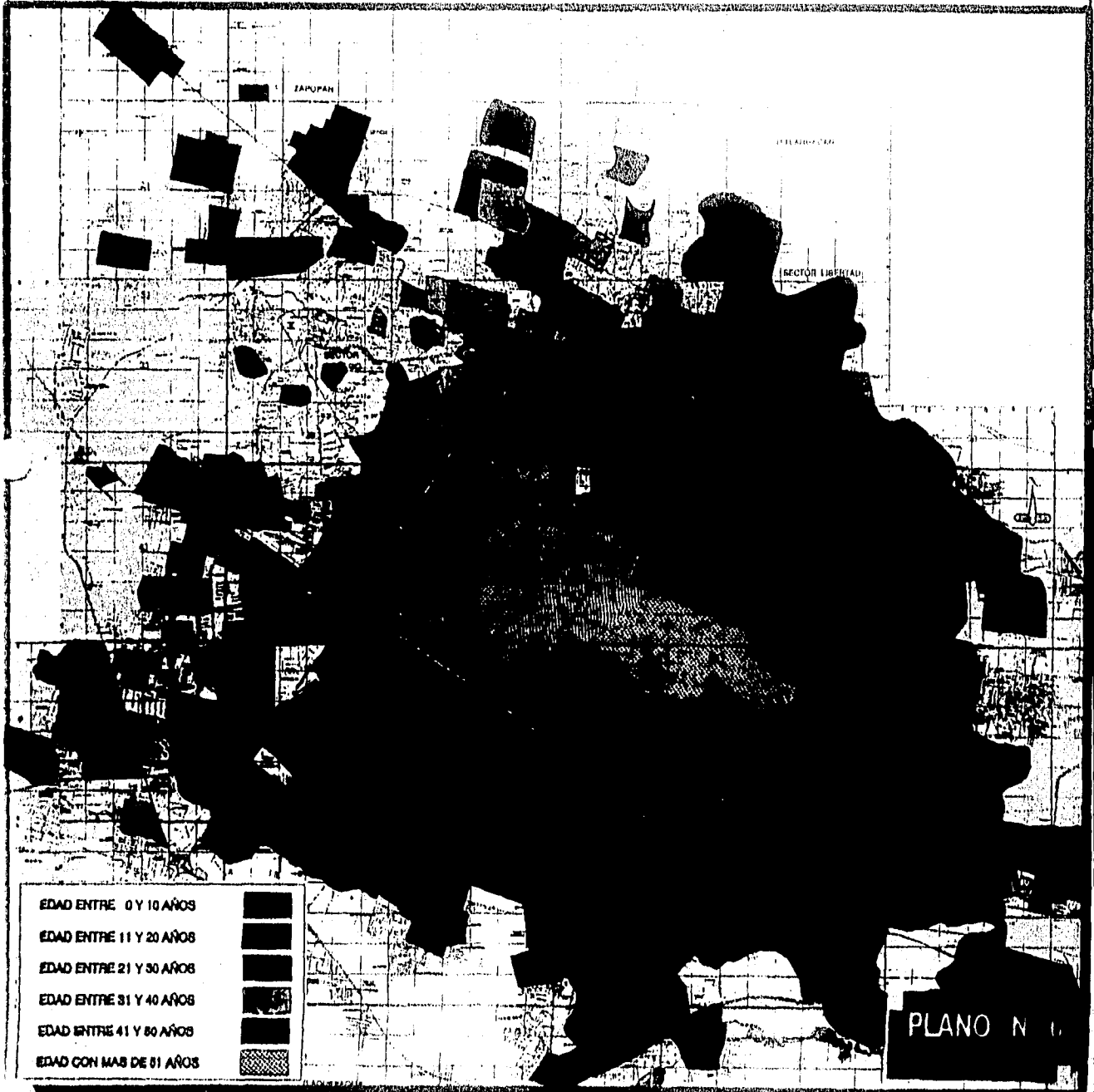
TUBERIA DE P.V.C.

TUBERIA DE ACERO

PLANO N° 5

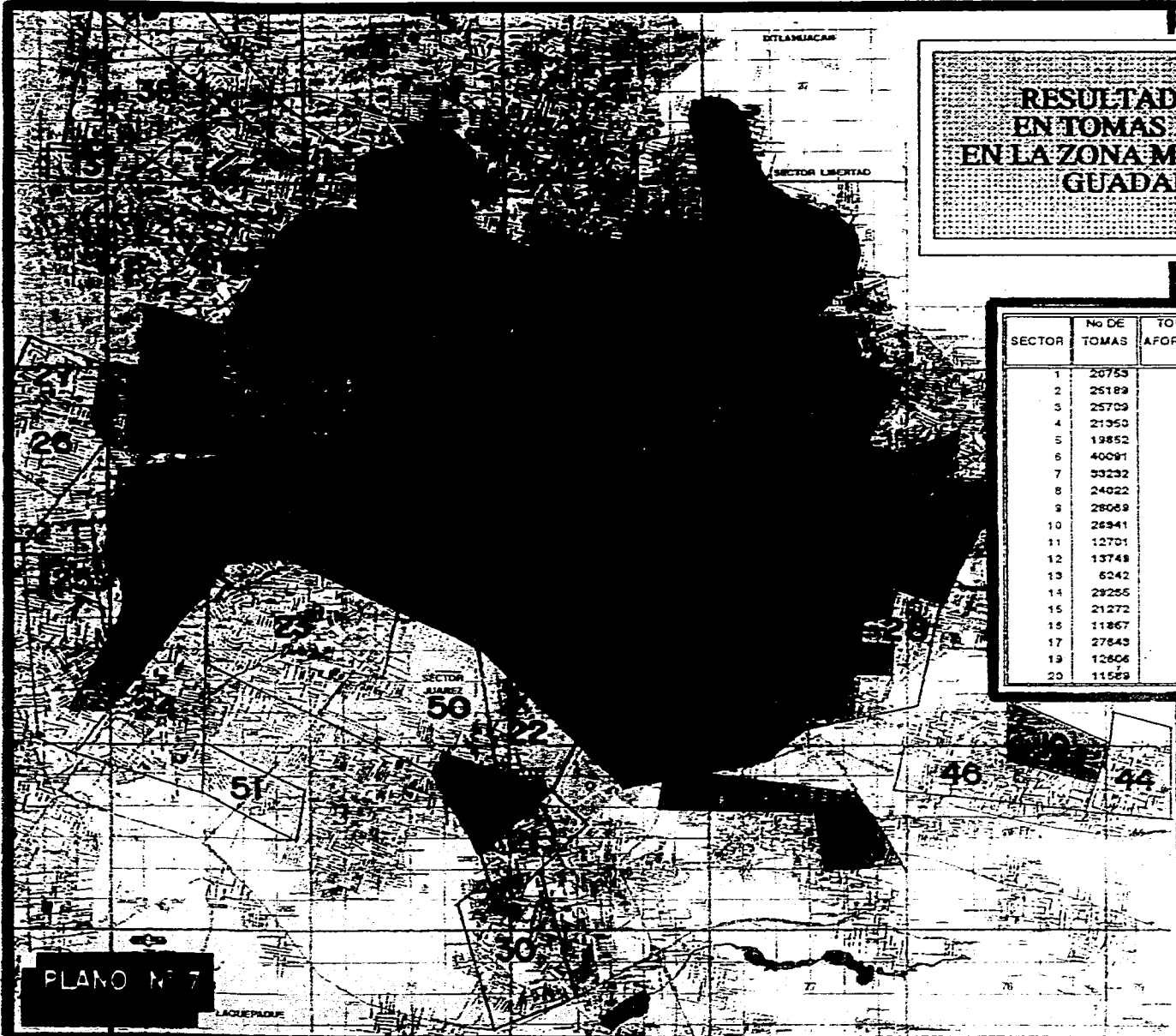


EDADES DE TUBERIA



786 M380 ↑ BRUÑEROS QU ↑

UN SUPERIORME ↓ ODEM 982 ↓

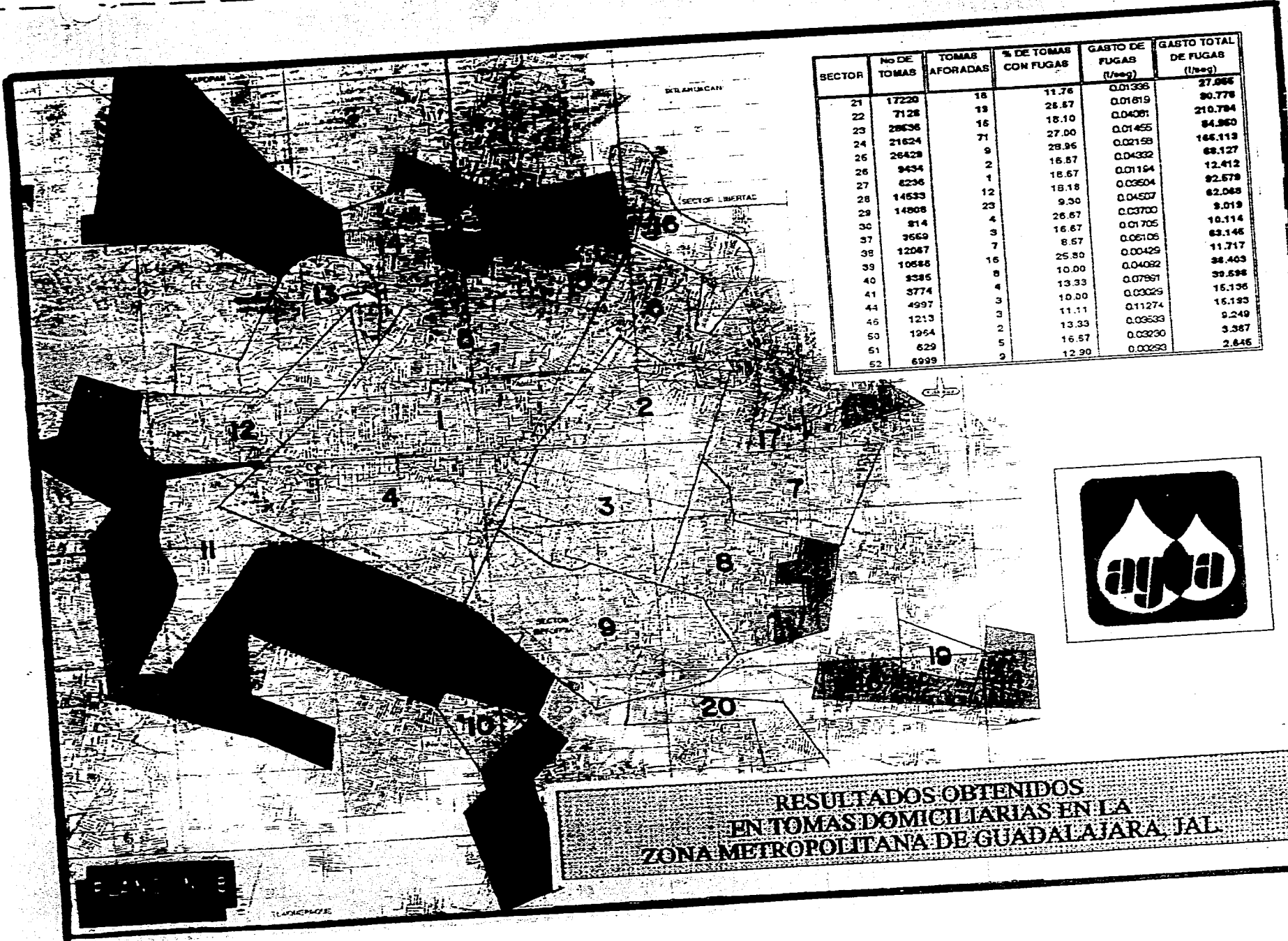


**RESULTADOS OBTENIDOS
EN TOMAS DOMICILIARIAS
EN LA ZONA METROPOLITANA DE
GUADALAJARA, JAL.**

SECTOR	Nº DE TOMAS	TOMAS AFORADAS	% DE TOMAS CON FUGAS	GASTO DE FUGAS (l/seg)	GASTO TOTAL DE FUGAS (l/seg)
1	20755	16	11.48	0.02377	128.104
2	25189	10	7.50	0.02997	64.640
3	25709	8	17.99	0.01140	62.536
4	21350	6	15.53	0.05009	187.161
5	19852	8	5.71	0.05268	71.061
6	40091	54	11.97	0.02053	137.392
7	33232	32	5.19	0.03977	81.808
8	24022	13	5.94	0.05306	88.468
9	28049	21	18.29	0.04534	232.787
10	28941	19	19.23	0.03003	166.578
11	12701	5	21.82	0.04791	131.284
12	13748	2	17.50	0.07202	173.296
13	6242	3	30.00	0.04157	78.031
14	29255	44	15.29	0.01251	58.822
15	21272	24	11.29	0.05736	138.187
16	11867	69	14.29	0.04148	70.282
17	27843	65	8.84	0.03918	81.187
18	12606	15	21.82	0.02776	76.548
19	11569	106	20.61	0.01952	38.264



PLANO N° 7



SECTOR	NO DE TOMAS	TOMAS AFORADAS	% DE TOMAS CON FUGAS	GASTO DE FUGAS (Usag)	GASTO TOTAL DE FUGAS (Usag)
21	17220	18	11.76	0.01306	27.066
22	7128	13	28.87	0.01819	30.778
23	28636	16	18.10	0.04001	210.784
24	21624	71	27.00	0.01455	84.960
25	26428	9	28.96	0.02158	166.113
26	3434	2	18.87	0.04332	68.127
27	6236	1	18.87	0.01194	12.412
28	14533	12	18.18	0.03504	92.578
29	14808	23	9.30	0.04507	62.068
30	814	4	26.67	0.03700	9.019
37	3659	3	16.67	0.01705	10.114
38	12047	7	8.67	0.06105	63.146
39	10688	16	25.80	0.00429	11.717
40	3285	8	10.00	0.04092	38.463
41	3774	8	13.33	0.07891	39.638
44	4997	4	10.00	0.03029	15.136
45	1213	3	11.11	0.11274	15.193
50	1964	2	13.33	0.09533	9.249
51	629	5	16.57	0.03230	3.367
52	6999	2	12.90	0.00293	2.846

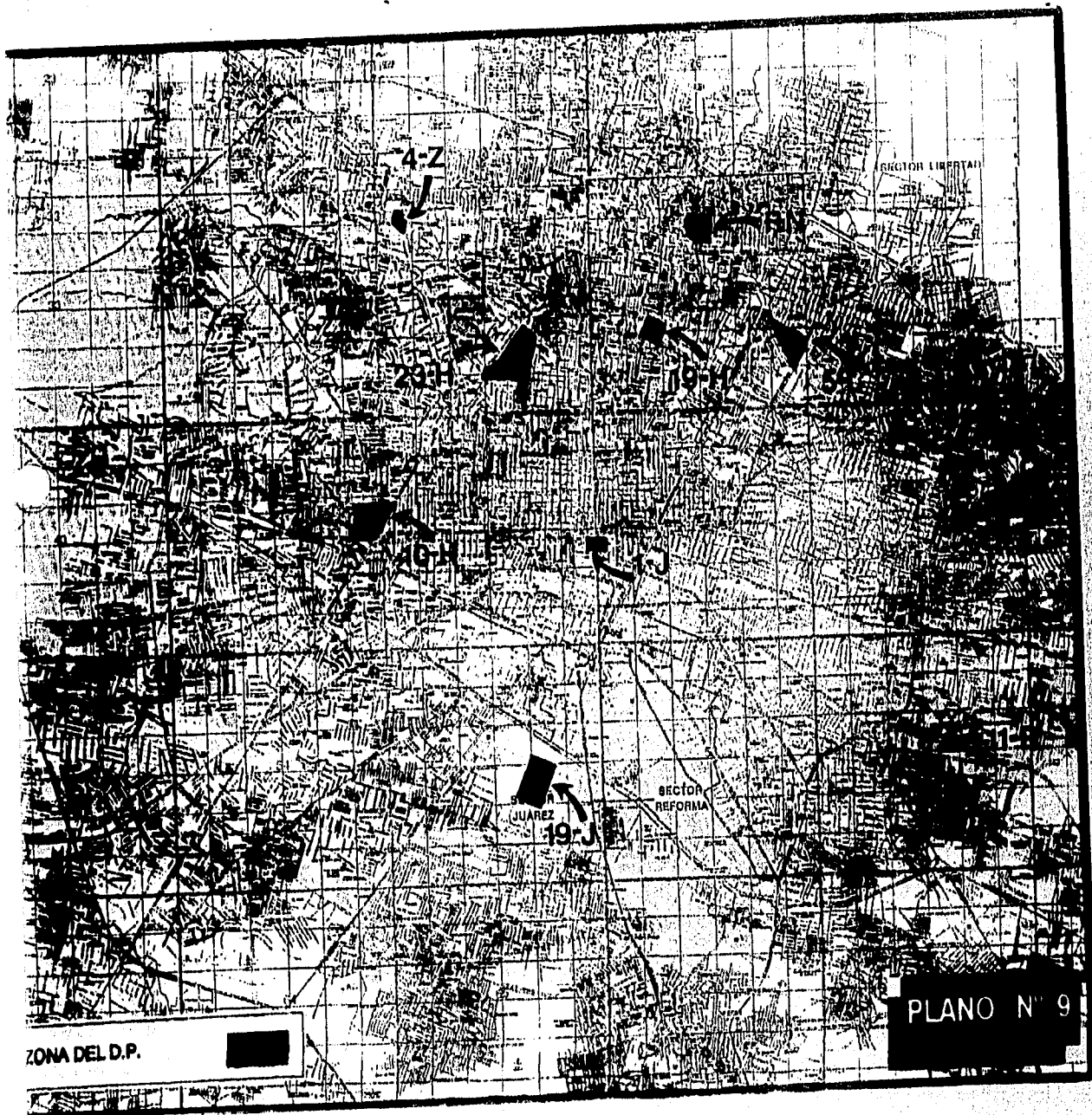


RESULTADOS OBTENIDOS
 EN TOMAS DOMICILIARIAS EN LA
 ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL.

SOLUCIONES A OBRAS



LOCALIZACION DE DISTRITOS PITOMETRICOS



ZONA DEL D.P.

PLANO N° 9



UB SUPERIURE ↓ OBEI 997

↑ 997 OBEI ↑ SUPERIURE ↑ UB



DISTRITO PITOMETRICO "4-Z"
ZONA SOCIOECONOMICA RESIDENCIAL

ZONA ECONOMICA	RESIDENCIAL
COLONA	JACARANDAS
ZONA CATASTRAL	13
ANTIGUEDAD (AÑOS)	23

Tubería de:	
4" de Ø	—
3" de Ø	- - -
Válvula	⊕
Tapa Ciega	⊥
Estación Pitométrica	■



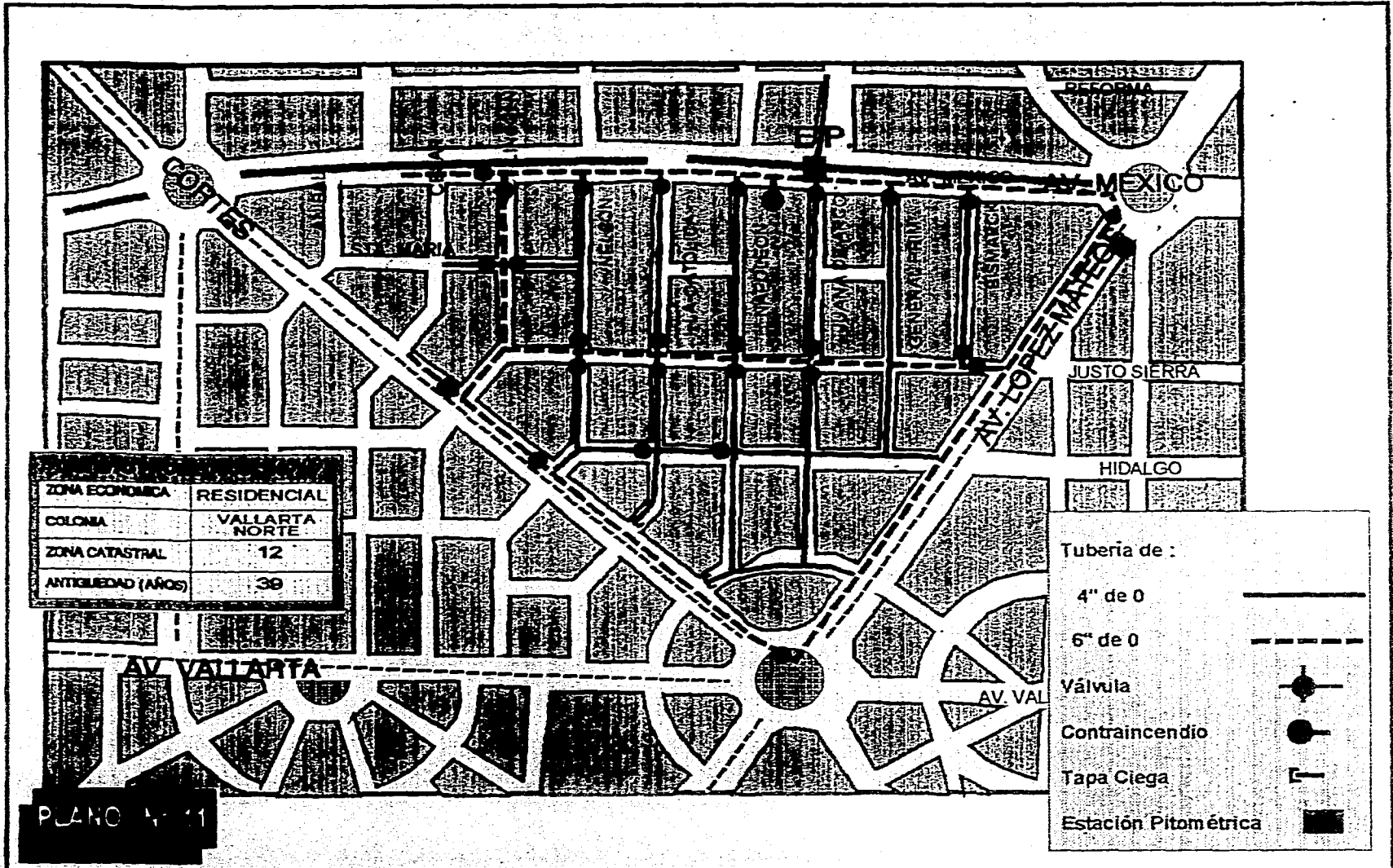
PLANO N° 10

↑
UB
SUPERIEMBRE
↓
OBEN
#P.C
↓

↓ UB SUPERIEMBRE ↓ OBEN #P.C ↓



DISTRITO PITOMETRICO "10 - H"
ZONA SOCIOECONOMICA RESIDENCIAL

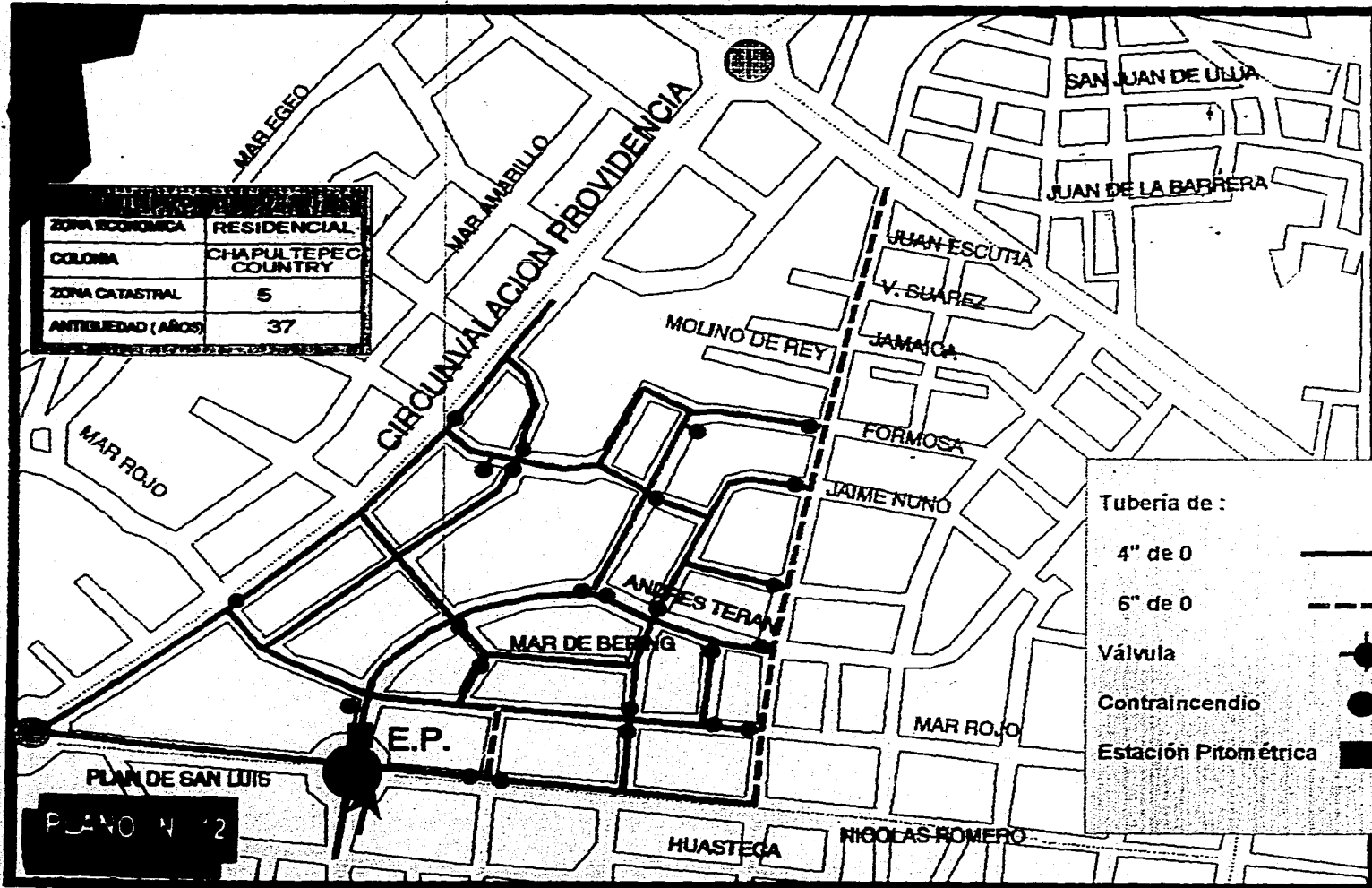


UP SUPERIEMBRE
OBEN
P.C.

UP SUPERIEMBRE
OBEN
P.C.



DISTRITO PITOMETRICO "23-H"
ZONA SOCIOECONOMICA RESIDENCIAL



ZONA ECONOMICA	RESIDENCIAL
COLOMIA	CHAPULTEPEC COUNTRY
ZONA CATASTRAL	5
ANTIQUEDAD (AÑOS)	37

Tubería de :

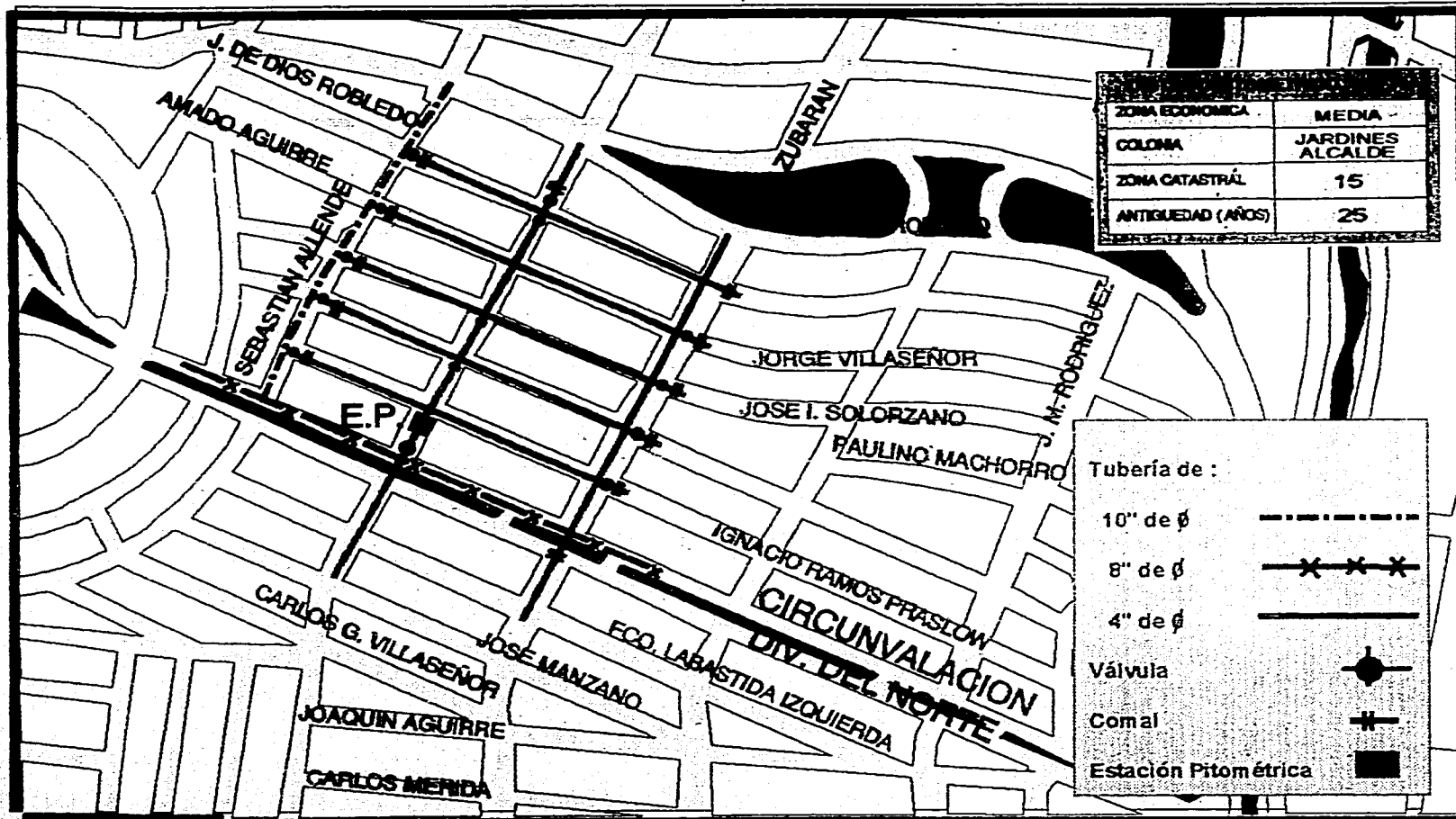
4" de Ø	—————
6" de Ø	- - - - -
Válvula	⊙
Contra incendio	●
Estación Pitométrica	■

UP SUPERIENRE
ORFI
DPC

UP SUPERIENRE
ORFI
DPC



DISTRITO PITOMETRICO N° 19 - H -
ZONA SOCIOECONOMICA MEDIA



ZONA ECONOMICA	MEDIA
COLONIA	JARDINES ALCALDE
ZONA CATASTRAL	15
ANTIGUEDAD (AÑOS)	25

Tubería de :

10" de ϕ	-----
8" de ϕ	---x---x---x---
4" de ϕ	_____
Válvula	⊕
Comal	⊕
Estación Pitométrica	■

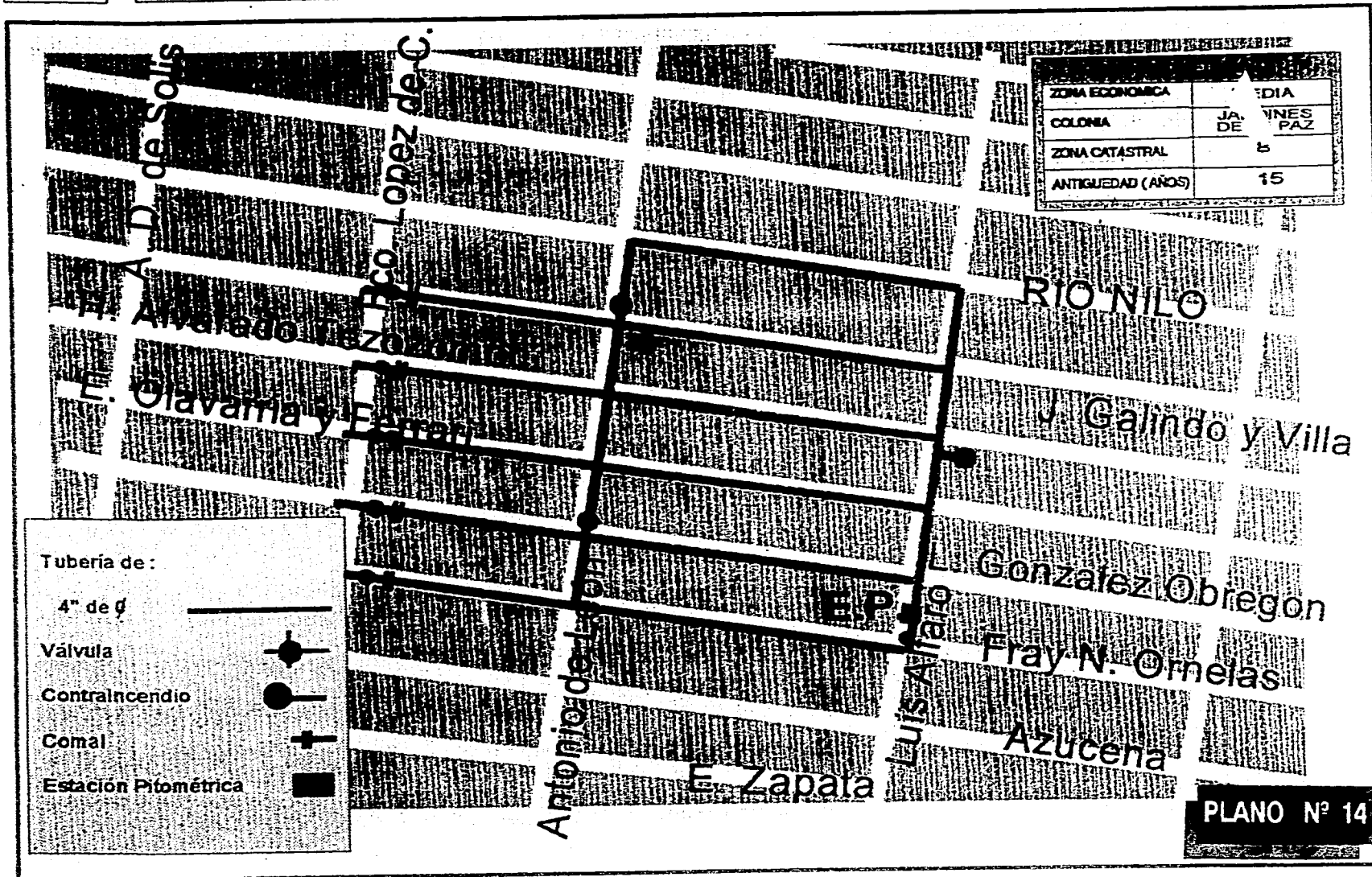
PLANO N° 13

↑
NP
SUPERIEURE
↑
OBEN
98C
↑

↓ NP SUPERIEURE ↓ OBEN 98C ↓



DISTRITO PITOMETRICO "11-R" ZONA SOCIOECONOMICA MEDIA

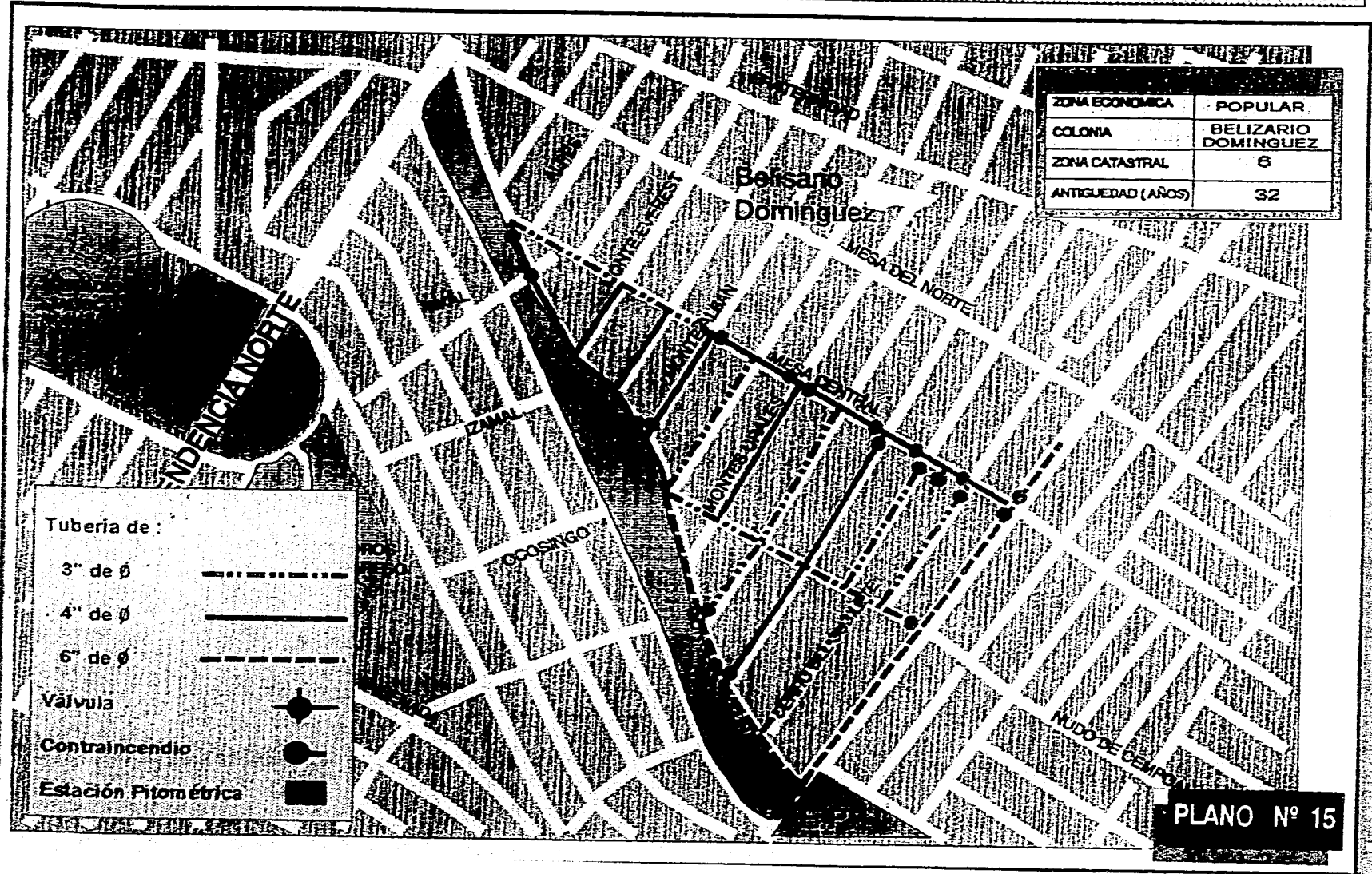


↑
SUPERIEMBRE
↑ OSEN
PAC
↑

↑ 05 205KIFOKF ↑ OREN PAC ↓



DISTRITO PITOMETRICO N° 5 - L
ZONA SOCIOECONOMICA POPULAR



ZONA ECONOMICA	POPULAR
COLONIA	BELIZARIO DOMINGUEZ
ZONA CATASTRAL	6
ANTIGUEDAD (AÑOS)	32

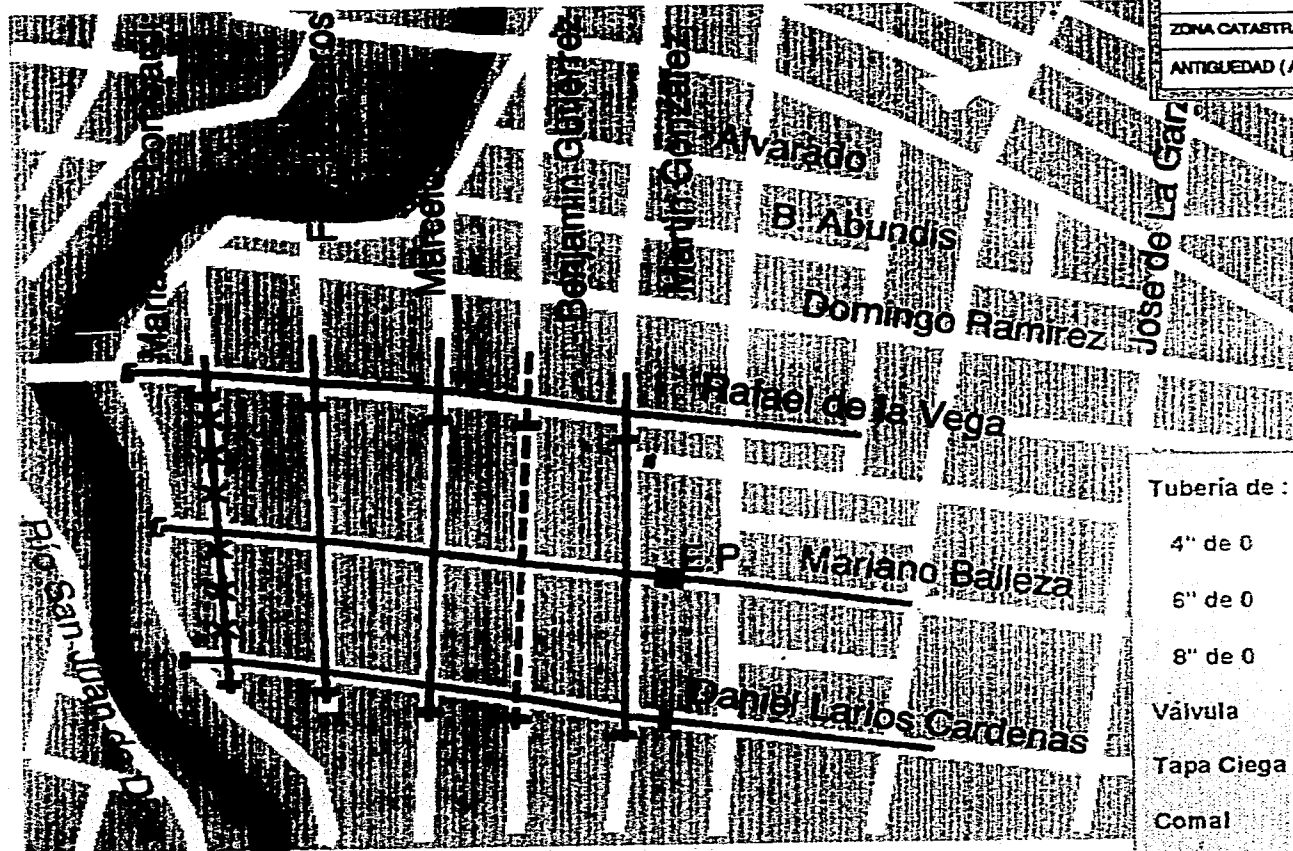
- Tubería de :
- 3" de ϕ
 - 4" de ϕ
 - 6" de ϕ
- Válvula
- Contra incendio
- Estación Pitométrica

PLANO N° 15



DISTRITO PITOMETRICO "RN"
(Rancho Nuevo)
ZONA SOCIOECONOMICA POPULAR

ZONA ECONOMICA	POPULAR
COLONIA	RANCHO NUEVO
ZONA CATASTRAL	15
ANTIGUEDAD (AÑOS)	5



Tubería de :

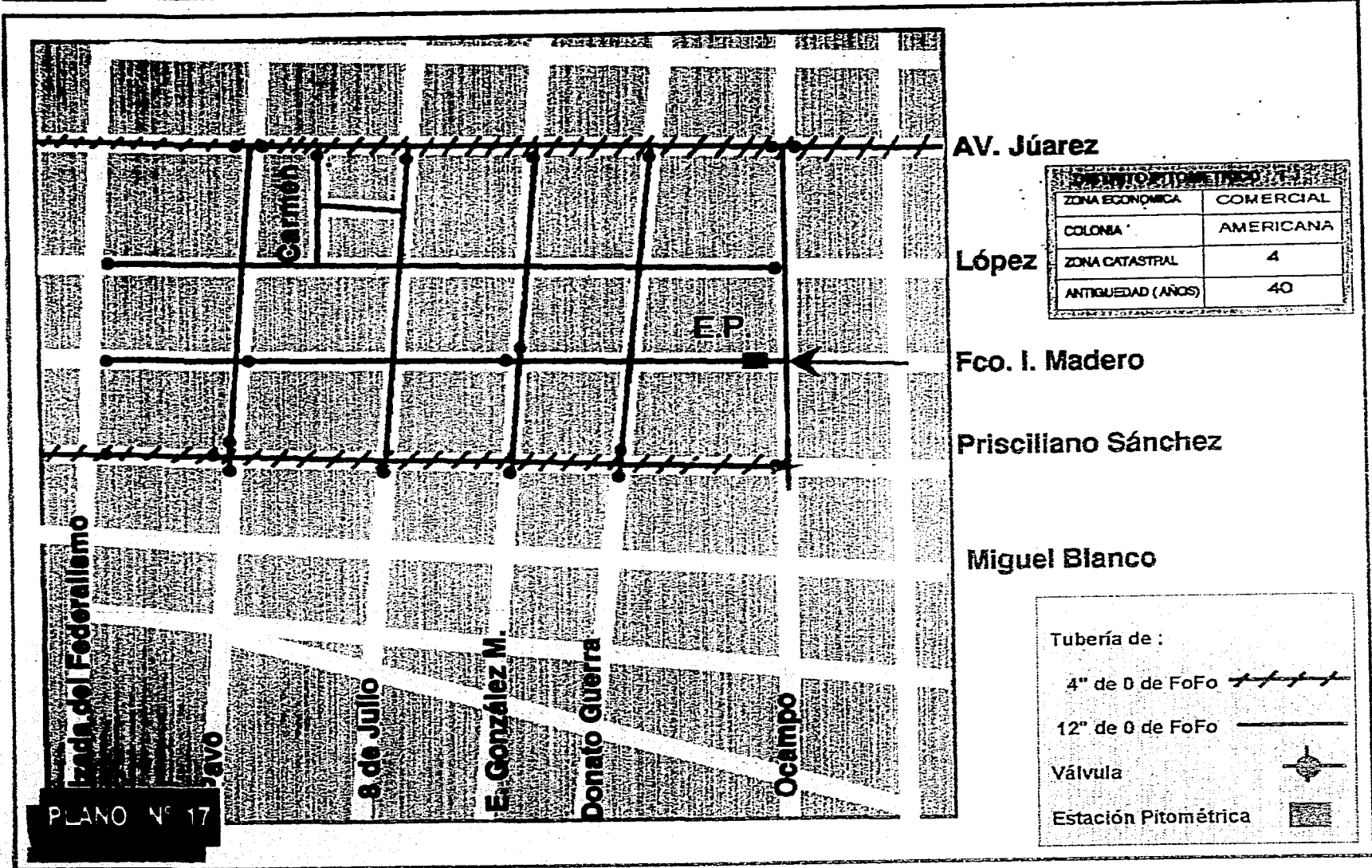
4" de 0	—————
6" de 0	- - - - -
8" de 0	* * * * *
Válvula	⊗
Tapa Ciega	⊥
Comal	⊕
Estación Pitométrica	■

PLANO N° 16



DISTRITO PITOMETRICO "I. J."

ZONA SOCIOECONOMICA COMERCIAL



DISTRITO PITOMETRICO "I. J."	
ZONA ECONOMICA	COMERCIAL
COLONIA	AMERICANA
ZONA CATASTRAL	4
ANTIGUEDAD (AÑOS)	40

Tubería de :

4" de Ø de FoFo	
12" de Ø de FoFo	
Válvula	
Estación Pitométrica	

U.P. SUPERIENRE
 OBEI
 S.P.C.

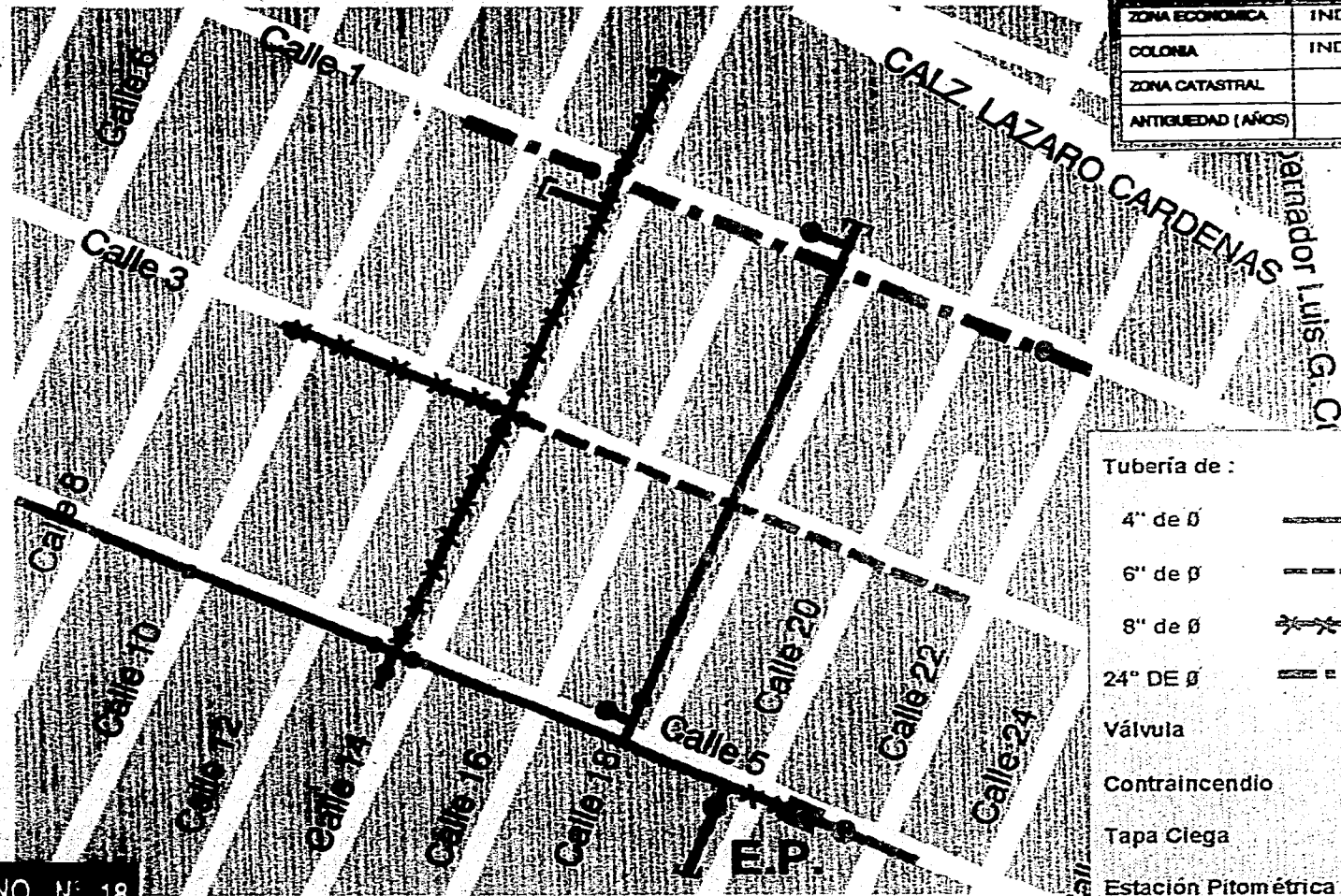
PLANO N° 17

U.P. SUPERIENRE
 OBEI
 S.P.C.



DISTRITO PITOMETRICO "19 - J" ZONA SOCIOECONOMICA INDUSTRIAL

ZONA ECONOMICA	INDUSTRIAL
COLONIA	INDUSTRIAL
ZONA CATASTRAL	50
ANTIGUEDAD (AÑOS)	25



Tubería de :

- 4" de Ø
- 6" de Ø
- 8" de Ø
- 24" DE Ø
- Válvula
- Contraincendio
- Tapa Ciega
- Estación Pitométrica

PLANO N° 18

PL. SUPERIENRE 90
SAC

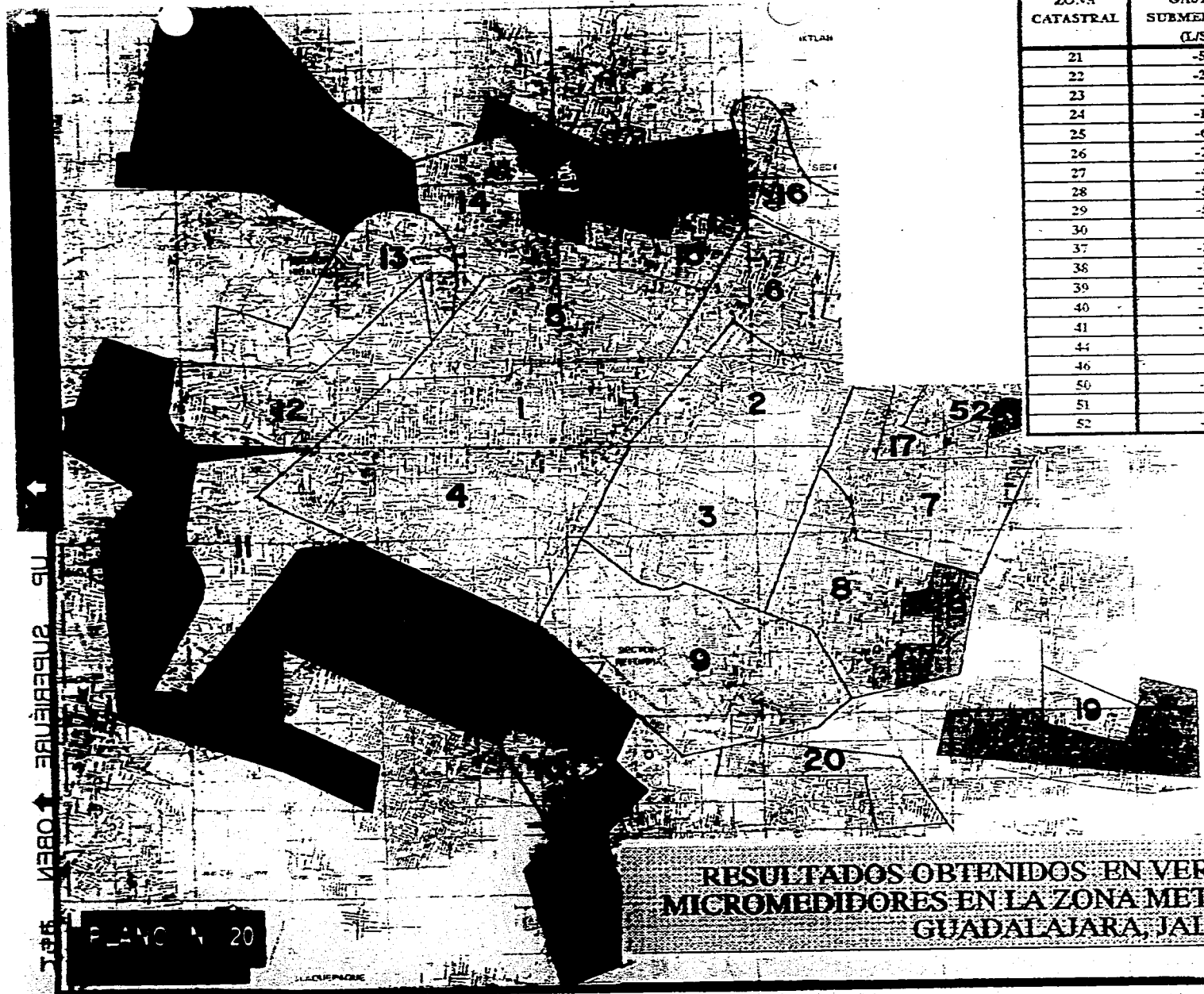
**RESULTADOS OBTENIDOS
EN VERIFICACION DE
MICROMEDIDORES
EN LA ZONA METROPOLITANA DE
GUADALAJARA, JAL.**

ZONA CATASTRAL	GASTO SUBMEDIDO (L/S)	GASTO SOBREMEDIDO (L/S)	GASTO NETO (L/S)
1	-41.5699	21.6752	-19.8947
2	-58.3984	13.0181	-45.3803
3	-61.7251	27.9759	-33.7492
4	-82.2819	27.5363	-54.7456
5	-65.9105	27.8267	-38.0838
6	-10.9665	45.1968	34.2303
7	-51.8675	12.8666	-39.0009
8	-7.9787	30.9666	22.9879
9	-8.6325	30.2569	21.6244
10	-9.6226	63.3940	53.7714
11	-41.6537	34.6306	-7.0231
12	-9.7087	24.5344	14.8257
13	-28.0795	25.4784	-2.6011
14	-57.3650	32.5888	-24.7762
15	-84.1848	15.3348	-68.8500
16	-30.5871	15.2252	-15.3619
17	-86.2150	31.8570	-54.3580
19	-40.2865	17.0508	-23.2357
20	-21.5589	6.7062	-14.8527



PLANO N° 19

OF SUPERIENRE → OBEN → P.C.C
 → SUPERIENRE → OBEN → P.C.C



ZONA CATASTRAL	GASTO SUBMEDIDO (L/S)	GASTO SOBREMEDIDO (L/S)	GASTO NETO (L/S)
21	-58.0914	60.4098	2.3184
22	-24.6116	15.6472	-8.9644
23	-9.5857	66.3828	56.7971
24	-11.0134	85.9464	74.9331
25	-67.6476	81.1837	13.5361
26	-26.4867	14.0537	-12.4330
27	-40.5832	0.0821	-40.5011
28	-56.6757	20.5624	-36.1133
29	-54.7933	19.9020	-34.8913
30	-2.6625	-0.5594	-2.1031
37	-22.0440	0.0000	-22.0440
38	-26.1664	2.6197	-23.5467
39	-70.8050	0.0000	-70.8050
40	-21.5323	4.8689	-16.6634
41	-10.6283	6.1745	-4.4538
44	-6.6150	11.9007	5.2857
46	-3.2423	2.1174	-1.1249
50	-12.8546	5.1239	-7.7307
51	-1.6226	1.5289	-0.0937
52	-14.8720	6.8500	-8.0220



RESULTADOS OBTENIDOS EN VERIFICACION DE MICROMEDIDORES EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA, JAL.

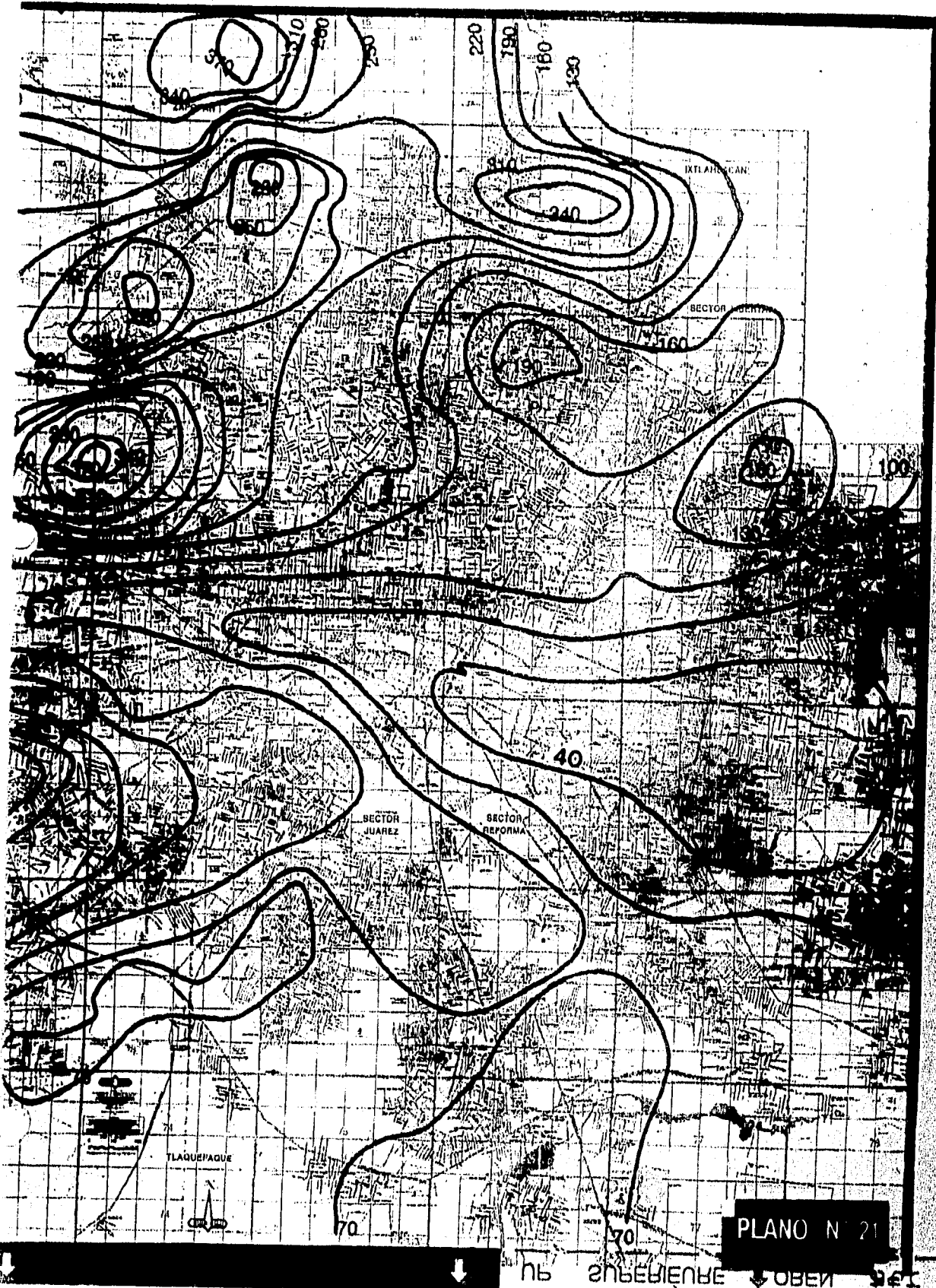
SUBSIDIARIO DE
 INGENIERIA
 DE
 OBRAS
 PUBLICAS

PLAYA 20

SUBSIDIARIO DE
 INGENIERIA
 DE
 OBRAS
 PUBLICAS



CURVAS DE IGUAL RESISTIVIDAD (Ohms · m)



← 5 3 3 5 →

← OBEV →

← RAUËIRPUS →

← PU →

← →

← →

← →

← →