



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

Facultad de Ingeniería

01162

9
201

**COEFICIENTES DE APORTACION Y VARIACION EN SISTEMAS
DE ALCANTARILLADO DE LA REPUBLICA MEXICANA**

por: **Salvador Navarro Barraza**

T E S I S

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

DE LA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERIA
(HIDRAULICA)**

Asesor: **Dr. Felipe I. Arreguin Cortés**

FALLA DE ORIGEN

CIUDAD UNIVERSITARIA

1 9 9 5



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

COEFICIENTES DE APORTACIÓN Y VARIACIÓN EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO DE LA REPÚBLICA MEXICANA

CONTENIDO	Pag.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	2
CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y SISTEMA	5
2.1 Componentes	5
2.2 Condiciones planteadas en el sistema de medición	6
2.3 Condiciones planteadas en el equipo de medición	11
2.4 Sistema de adquisición de la información	12
2.5 Programa de cómputo	13
CAPÍTULO 3. MODULO DE CALIBRACIÓN	17
3.1 Módulo experimental	17
3.2 Determinación de la relación carga contra gasto	18
3.3 Descripción del sistema de medición	20
CAPÍTULO 4. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO EN LABORATORIO	23
4.1 Análisis	23
4.2 Medición del error	27
4.3 Cálculo de los errores	30
CAPÍTULO 5. MEDICIONES EN CAMPO	33
5.1 Metodología	33
5.2 Procesamiento de la información	39
5.3 Trabajos de campo	45
5.4 Consumos de agua potable	49
5.5 Coeficientes de aportación	49
5.6 Coeficientes de variación	94

CAPÍTULO 6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	109
	6.1 Coeficiente de aportación	109
	6.2 Coeficientes de variación horaria y diaria	111
	6.3 Consumos de agua potable	112
	6.4 Ventajas del equipo propuesto	113
	6.5 Desventajas del equipo propuesto	113
CAPÍTULO 7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
	7.1 Conclusiones y recomendaciones	115
AGRADECIMIENTOS		117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		118
ANEXOS		
1	Programa de cómputo	120
2	Fotográfico	124

ÍNDICE DE CUADROS

1	Aportación para diferentes tipos de usuarios	3
2	Características típicas de dispositivos primarios	4
3	Calibración de vertedores	19
4	Gastos medidos en vertedor rectangular	25
5	Gastos medidos en vertedor triangular	26
6	Valores típicos de errores con un 95 %	27
7	Características de las poblaciones en estudio	45
8	Características de los distritos en estudio	46
9	Períodos de medición en las ciudades en estudio	47
10	Consumo de agua en Primavera de la clase residencial León, Gto	50
11	Consumo de agua en Verano de la clase residencial León, Gto	51
12	Consumo de agua en Otoño de la clase residencial León, Gto	52
13	Consumo de agua en Invierno de la clase residencial León, Gto	53
14	Consumo de agua en Primavera de la clase media León, Gto	54
15	Consumo de agua en Verano de la clase media León, Gto	55
16	Consumo de agua en Otoño de la clase media León, Gto	56
17	Consumo de agua en Invierno de la clase media León, Gto	57
18	Consumo de agua en Primavera de la clase popular León, Gto	58
19	Consumo de agua en Verano de la clase popular León, Gto	59
20	Consumo de agua en Otoño de la clase popular León, Gto	60
21	Consumo de agua en Invierno de la clase popular León, Gto	61
22	Consumo de agua en Primavera de la clase residencial Cd. Juárez, Chih	62
23	Consumo de agua en Verano de la clase residencial Cd. Juárez, Chih	63
24	Consumo de agua en Otoño de la clase residencial Cd. Juárez, Chih	64
25	Consumo de agua en Invierno de la clase residencial Cd. Juárez, Chih	65
26	Consumo de agua en Primavera de la clase media Cd. Juárez, Chih	66
27	Consumo de agua en Verano de la clase media Cd. Juárez, Chih	67
28	Consumo de agua en Otoño de la clase media Cd. Juárez, Chih	68
29	Consumo de agua en Invierno de la clase media Cd. Juárez, Chih	69
30	Consumo de agua en Primavera de la clase popular Cd. Juárez, Chih	70
31	Consumo de agua en Verano de la clase popular Cd. Juárez, Chih	71
32	Consumo de agua en Otoño de la clase popular Cd. Juárez, Chih	72
33	Consumo de agua en Invierno de la clase popular Cd. Juárez, Chih	73
34	Porcentaje de Aportación promedio	49
35	Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Primavera)	74
36	Aportación de la clase media de León, Gto. (Primavera)	75
37	Aportación de la clase popular de León, Gto. (Primavera)	76
38	Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Verano)	76
39	Aportación de la clase media de León, Gto. (Verano)	77
40	Aportación de la clase popular de León, Gto. (Verano)	78
41	Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Otoño)	78
42	Aportación de la clase media de León, Gto. (Otoño)	79

43 Aportación de la clase popular de León, Gto. (Otoño)	79
44 Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Invierno)	80
45 Aportación de la clase media de León, Gto. (Invierno)	81
46 Aportación de la clase popular de León, Gto. (Invierno)	82
47 Porcentaje de Aportación promedio	83
48 Aportación de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih. (Primavera)	84
49 Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Primavera)	85
50 Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Primavera)	86
51 Aportación de la clase residencial Cd. Juárez, Chih. (Verano)	87
52 Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Verano)	87
53 Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Verano)	88
54 Aportación de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih. (Otoño)	89
55 Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Otoño)	89
56 Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Otoño)	90
57 Aportación de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih. (Invierno)	91
58 Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Invierno)	92
59 Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Invierno)	93
60 Coeficiente de Variación Diaria	94
61 Coeficiente de Variación Horaria	94
62 Gastos máximos, mínimos y medios en los D.C. de León, Gto.	95
63 Gastos extremos registrados en los D.C. de León, Gto.	95
64 Coeficiente de Variación diaria	101
65 Coeficiente de Variación horaria	101
66 Gastos máximos, mínimos y medios en los D.C. de Cd. Juárez, Chih.	102
67 Gastos extremos registrados en los D.C. de Cd. Juárez, Chih.	102
68 Análisis del error e intervalo de confianza	110
69 Comparación de coeficientes	111
70 Dotación en l/hab/día, en los distritos analizados	112
71 Análisis de gastos	113

ÍNDICE DE LAMINAS

1	Colocación tipo del SMAR en un pozo de visita	12
2	Módulo de calibración de vertedores y registros	17
3	Vertedor rectangular	20
4	Vertedor triangular	21
5	Curva de calibración del vertedor rectangular	25
6	Curva de calibración del vertedor triangular	26
7	Error estándar de la clase residencial de León, Gto.	36
8	Error estándar de la clase media de León, Gto.	36
9	Error estándar de la clase popular de León, Gto.	37
10	Error estándar de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih.	37
11	Error estándar de la clase media de Cd. Juárez, Chih.	38
12	Error estándar de la clase popular de Cd. Juárez, Chih.	38
13	Distrito de control Morelos, Cd. Juárez, Chih.	46
14	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Primavera, León, Gto	97
15	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Verano, León, Gto	97
16	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Otoño, León, Gto	98
17	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Invierno, León, Gto	98
18	Gastos instantáneos en D.C. media, Primavera, León, Gto	99
19	Gastos instantáneos en D.C. media, Verano, León, Gto	99
20	Gastos instantáneos en D.C. media, Otoño, León, Gto	100
21	Gastos instantáneos en D.C. media, Invierno, León, Gto	100
22	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Primavera, Cd. Juárez, Chih	103
23	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Verano, Cd. Juárez, Chih	103
24	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Otoño, Cd. Juárez, Chih	104
25	Gastos instantáneos en D.C. residencial, Invierno, Cd. Juárez, Chih	104
26	Gastos instantáneos en D.C. media, Primavera, Cd. Juárez, Chih	105
27	Gastos instantáneos en D.C. media, Verano, Cd. Juárez, Chih	105
28	Gastos instantáneos en D.C. media, Otoño, Cd. Juárez, Chih	106
29	Gastos instantáneos en D.C. media, Invierno, Cd. Juárez, Chih	106
30	Gastos instantáneos en D.C. popular, Primavera, Cd. Juárez, Chih	107
31	Gastos instantáneos en D.C. popular, Verano, Cd. Juárez, Chih	107
32	Gastos instantáneos en D.C. popular, Otoño, Cd. Juárez, Chih	108
33	Gastos instantáneos en D.C. popular, Invierno, Cd. Juárez, Chih	108

DEDICATORIA

Este trabajo es el resultado del esfuerzo de varios profesores de Hidráulica, que me brindaron su apoyo en todo momento; pero muy especialmente: *in memoria* al *Dr. Enzo Levi Lattes*, quien me transmitió su saber en el aula de clase y al *Ing. Horacio Rubio Vega*, quien hizo que naciera en mí el gusto por la Hidráulica.

INTRODUCCIÓN

Las normas mexicanas para el diseño de sistemas de drenaje sanitario proponen considerar como porcentaje de agua residual un 75 % de la dotación de agua potable, ver Norma SAHOP, 1975¹.

Tal coeficiente se aplica en ciudades grandes o pequeñas, de clima cálido o templado, en zonas residenciales o populares. Si bien es cierto que es práctica generalizada asociar el volumen de agua residual que se aporta al drenaje, como un porcentaje del agua potable suministrada (dotación), también es cierto, que conforme a la literatura sobre el tema, dicho coeficiente puede variar en un rango tan amplio como del 60 al 130 %, ^{2,3} y el valor para cada caso específico depende de numerosas variables, entre las cuales se cuentan: clima, desarrollo socioeconómico, nivel de aguas freáticas y presencia de zonas comerciales e industriales, horizonte de planeación, entre otros; adoptando recomendaciones diversas, conforme a las características generales de la localidad y del nivel socioeconómico del desarrollo urbano de que se trate.

En México no se han alcanzado dichos niveles de análisis de la información, sólo se dispone de coeficientes de aportación y de variación, que se aplican en todo el país, sin mayor análisis por carecer de información. Este singular procedimiento se sigue aplicando porque, a la fecha, no se ha desarrollado un estudio sobre el tema que conduzca hacia valores de dichos coeficientes que estén respaldados con mediciones en campo.

Dado que estos parámetros son la base para el diseño de redes de alcantarillado y plantas de tratamiento. Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema de medición, su calibración en laboratorio, así como los resultados de las mediciones en campo de volúmenes de agua potable suministrada y del agua residual descargada al sistema de drenaje, determinando los valores de los coeficientes de aportación y los patrones de variación del volumen de agua desalojada en forma horaria y diaria, en dos ciudades del país, León, Gto. y Cd. Juárez, Chih.

¹ Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, "Normas de Proyecto para Diseño de Sistemas de Alcantarillado", México, 1975.

² Merritt Frederick S., "Manual del Ingeniero Civil", sección 22, 1ra Edición, McGraw-Hill, New York, 1976.

³ Metcalf & Eddy, Inc. "Wastewater Engineering: Collection, Treatment, Disposal", McGraw-Hill, New York, 1972.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Como práctica usual, en los Estados Unidos Mexicanos, el diseño de proyectos de rehabilitación, ampliación o nuevos sistemas de alcantarillado considera que el gasto medio para el diseño del sistema es un porcentaje de la dotación de agua potable suministrada a la población.

Esta consideración obedece a experiencias en otras regiones del mundo, que han funcionado con un razonable acierto, permitiendo inclusive, estimar que en general las líneas de alcantarillado en México se encuentran sobre-diseñadas.

Ahora bien, la principal cuestión radica en responder a la siguiente pregunta: ¿ Qué porcentaje o coeficiente, respecto a la dotación, debe utilizar el proyectista para estimar el volumen de agua residual que ingresa a los sistemas de alcantarillado ?

A la fecha, el valor de dicho coeficiente o porcentaje se ha fijado en 75 %, y ha sido tomado de diversas recomendaciones de la literatura sobre el tema, no obstante, puede objetarse que; conforme al Estudio de Evaluación de Pérdidas en distintos Sistemas de Distribución de Agua Potable en el País,⁴ se concluyó que el porcentaje medio de pérdidas en los sistemas es del orden del 35 %, en consecuencia, el valor máximo que puede obtenerse del coeficiente de aportación respecto a la dotación es de 65 %, es decir un 10 % menor al recomendado en la norma.

Por su parte, Fair, Geyer y Okun⁵, recomiendan utilizar un coeficiente del 60 a 70 %, del total de agua abastecida, a su vez Tchobanoglous⁶ recomienda utilizar en zonas de los E.U., en donde no se disponen de datos de caudales un coeficiente de 70 % de la dotación de agua potable, presentando inclusive recomendaciones generales como la mostrada en el cuadro 1, para diferentes tipos de usuarios domésticos.

⁴ Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, "Estudio de Evaluación de Pérdidas en el Sistema de Distribución de Agua Potable, de Cd. Juárez, Chih", Jiutepec, Mor.. 1992.

⁵ Fair Geyer y Okun, "Abastecimiento de Agua y Remoción de Aguas Residuales, Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales", ed. Limusa., 1984.

⁶ Tchobanoglous G., Metcalf & Eddy Inc. "Wastewater Engineering: Colletion and Pumping of Wastewater", McGraw-Hill Inc. 1981.

Cuadro 1. Aportación para diferentes tipos de usuarios⁶

Tipo de Usuario	Unidad	Gasto (l/Unidad-día)	
		Rango	Típico
Apartamento	Persona	200-340	260
Hotel	Residente	150-220	190
Vivienda Individual			
Popular	Persona	190-350	280
Media	Persona	250-400	310
Residencial	Persona	300-550	380
Semi-moderna	Persona	100-250	200
Casa de verano	Persona	100-240	190
Trailer Park	Persona	120-200	150

Como se observó, existe una gran diversidad de recomendaciones por lo que, para determinar los coeficientes de aportación y variación con mayor certeza es necesario el monitoreo de volúmenes de aguas residuales con información exacta de las variaciones de flujo y el gasto total. La selección del aparato para la medición del flujo depende del tipo de alcantarillado, accesibilidad, carga hidráulica disponible, naturaleza de los residuos y costo del equipo.

Para registrar los flujos en los sistemas de alcantarillado, existen dos tipos de aparatos: los que son adaptados a los tubos, llamados medidores de conductos cerrados y los que miden en estrechamientos efectuados en los conductos que tienen escurrimiento a superficie libre.

El problema de medir el flujo de aguas residuales en conductos ha sido tratado por los investigadores desde principios del presente siglo. Los medidores Venturi operan sin problemas considerables en tuberías a presión que transportan aguas de desecho. También lo hacen así los medidores magnéticos de flujo.⁷ En la medición de flujo a cielo abierto, los medidores de Parshall⁸ y de Palmer-Bowlus⁹ toman el lugar de los medidores Venturi; se utilizan también vertedores incluyendo los de flujo proporcional; y las boquillas, tales como la de Kennison¹⁰.

⁷ R.H. Babcock, "The magnetic Flow Meter, Water and Sewage Works", 104, 380; 1957.

⁸ R.L. Parshall, "The Parshall Measuring Flume", Colorado Agr. Exp. Sta. Bull. 423; 1936.

⁹ H.K. Palmer y F.D. Bowlus, "Adaptation of Venturi Flumes to Flow Measurement in Conduits", Trans. Am. Soc. Civil. Engrs., 101, 1195; 1936.

¹⁰ K.R. Kennison, "New type Open-Nozzle for measurement of sewage flow", J. Boston Soc. Civil Engrs., 21, 1; 1934.

Para todos los medidores, excepto los mecánicos y los magnéticos, se obtienen las fórmulas para el cálculo de la velocidad y del gasto a partir del teorema de Bernoulli y de la ecuación de continuidad del flujo. Un coeficiente convierte las relaciones teóricas en fórmulas prácticas.

El cuadro 2, presenta las características típicas del funcionamiento de dispositivos de medición.

Cuadro 2. Características típicas del funcionamiento de dispositivos primarios¹¹

TIPO	EXACTITUD	TAMAÑO (cm)	PERDIDA DE ENERGÍA	OBSERVACIONES
VERTEDOR	+/- 3-8 %	2.54 - MAYOR	ALTA	Adaptable a pozos de visita, con pérdidas de energía. Dimensiones grandes a los pozos de visita. Problemas con los sólidos en suspensión y con el tamaño.
CANALETA	+/- 5-10 %	7.5 - 90	MEDIA	
ROSETA DE FLUJO ABIERTO	+/- 5-10 %	15 - 60	BAJA	
SIST. COMB.	+/- 5-10 %	30 - 300	NINGUNA	
EC. ENER/F.L.	?	7.5 - MAYOR	NINGUNA	

Por adaptarse mejor a las condiciones en campo, se seleccionó el vertedor para la medición de agua residual.

¹¹ P. A. Ackers, W. R. White, J. A. Perkins, and J. M. Harrison. "Weirs and Flumes for flow measurement". Wiley, New York. 1986.

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y SISTEMA

La medición de flujos en aguas residuales, presenta problemas singulares que debido al comportamiento del fluido mismo son difíciles de resolver utilizando equipos convencionales de medición del flujo. En consecuencia se propone utilizar un equipo que disponga de los siguientes elementos:

2.1 Componentes

Considerando los problemas de calidad del agua y características del sistema de alcantarillado, se diseñó un equipo cuyos componentes son:

- a) Computadora (Lap-Top). Tiene la función de calibrar el equipo en campo, así como, de capturar la información.
- b) Interfase. Tiene la finalidad de servir de enlace entre la computadora y el transductor.
- c) Transductor. Tiene la función de convertir la señal mecánica a analógica
- d) Registrador. Tiene la función de almacenar la información que se genera de los niveles del agua.
- e) Caja Nema-4x. Tiene la función de proteger la circuitería, conexiones y la memorias contra la intemperie del medio ambiente.
- e) Elemento primario de medición. Tiene la función de medir los niveles del agua.
- f) Caja de protección. Protege al flotador contra turbulencias y sólidos en suspensión.
- g) Vertedor. Tiene la finalidad de medir las alturas del agua.

2.1.1 Elemento primario de medición

Es el elemento que sirve para la detección del nivel del agua. Respecto a este dispositivo se evaluaron las siguientes opciones:

Flotador (Sensor de posición magneto-resistivo)

- a) El flotador se encuentra encerrado en una cámara rectangular para eliminar variaciones por turbulencias del agua.

- b) Presenta pocos problemas de obstrucción que pueden ser resueltos.
- c) La caja nema 4x esta diseñada para soportar ambientes húmedos y agresivos de tipo salino. Tradicionalmente esta norma se emplea en instalaciones marítimas costa afuera, como plataformas de perforación; independientemente de lo anterior, se recomienda mantener dentro de la caja, una bolsa de material higroscópico tipo sílica gel, para absorber la humedad que pudiese penetrar al interior de la misma y causar problemas en la circuitería.
- d) Con objeto de minimizar la necesidad de abrir y cerrar la caja automáticamente, se decidió que el acceso a la interfase RS-232C fuera por la parte superior y exterior de la caja. Para lograr lo anterior, el diseño contempló colocar un conector de dos polos en el exterior de la caja, protegido por fundas plásticas removibles.

Medidor de presión

- a) Requiere la definición de la densidad promedio del agua en el punto de medición.
- b) Es de fácil instalación, pues solo requiere una manguera de 4mm, para tomar la presión.
- c) Tiene un consumo mínimo de energía.
- d) La manguera puede presentar problemas de obstrucción alterando la confiabilidad de la lectura.

Del análisis de los dos tipos de elementos para la detección del nivel de medición se seleccionó el *Flotador (Sensor de posición magneto-resistivo)*.

2.2 Condiciones planteadas en la integración del sistema de medición

La decisión para el monitoreo de un sistema de conducción de aguas residuales está basada en la necesidad de la siguiente información.

- a) Cantidad de información necesaria.
- b) Exactitud de los datos.
- c) Requerimiento de procesamiento de datos en archivos existentes.
- d) Tipo de sistema a ser monitoreado.

- e) Experiencia y capacitación al personal que operará el sistema.
- f) Equipo disponible.
- g) Condiciones de trabajo del equipo.
- h) Duración del proyecto.

Estas necesidades fueron tomadas en cuenta en el diseño del sistema de medición como propuestas durante el monitoreo.

2.2.1 Selección del método de medición

La exactitud y funcionamiento de cualquier instrumento de medida es una parte del diseño hidráulico apropiado y necesario para medir correctamente los gastos. Cuando se diseñó el método de medición, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones.

- a) Datos, localización, tiempo de muestreo, supervisión.
- b) Tiempo de duración de la batería.
- c) Condiciones del flujo.
- d) Tirante del flujo.
- e) Velocidad del flujo.
- f) Funcionamiento de los equipos.
- g) Elección apropiada del elemento productor del nivel de altura.
- h) El dispositivo debe ser instalado alejado de la influencia de cualquier dispositivo de control aguas arriba, o de accesorios que puedan crear perfiles de velocidad inestables.
- i) Evitar la instalación de dispositivos mecánicos, en las corrientes descendientes, que puedan crear un flujo no uniforme o causar ahogamiento en el instrumento de medida.
- j) Si el canal tiene caídas o turbulencias, se requiere un dissipador de energía.
- k) Se debe ejercer un juicio razonable, para requerimientos inmediatos o futuros para asegurar que el equipo opere dentro de su rango de ajuste.

De las condiciones planteadas se optó por un vertedor portátil cuyas características se muestran a continuación.

2.2.2 Vertedor portátil

Se colocaron los vertedores en los pozos de visita y en los registros domiciliarios, después se colocaron los equipos de medición (previamente calibrados). Es una técnica de medición comúnmente usada.

Los vertedores portátiles son de fácil instalación y son generalmente usados para la lectura directa de los niveles de flujo. Para su utilización en mediciones, hay que tener precaución en lo siguiente:

- a) El vertedor debe estar colocado a nivel.
- b) El vertedor no debe presentar fugas en su perímetro.
- c) La napa debe estar aireada.
- d) La velocidad de llegada del agua debe ser pequeña.
- e) El flujo sobre el vertedor tiene que alcanzar un punto de equilibrio.
- f) Para obtener resultados confiables con el vertedor, la sección inmovilizante de la corriente aguas arriba debe ser lo suficientemente grande para asegurar que el agua se aproxime al vertedor con una corriente suave, libre de remolinos.
- g) Para prevenir el ahogamiento del vertedor, la cresta debe ser localizada a una altura mayor que la máxima elevación posible en la corriente abajo de la superficie del agua.
- h) La medición de la altura del nivel del agua debe ser tomada aguas arriba, lo suficientemente lejos del vertedor, de manera que no sea afectada por la curva descendente de la superficie del agua.
- i) El vertedor es usado comúnmente para la medición de flujos de aguas residuales porque es de fácil instalación y de bajo costo.

El método del vertedor portátil es una técnica de medición confiable si se realizan correctamente las recomendaciones anteriores.

Bajo condiciones ideales, un vertedor en corte angular, puede tener un error proporcional a la velocidad del flujo y un error debido a la estimación del tirante del flujo, el cual se incrementa con las velocidades de llegada de flujos pequeños.

Casi no existen sistemas de alcantarillado que proporcionen puntos de medición, que reúnan las condiciones arriba mencionadas; por lo que hay que tomar las condiciones mínimas adversas.

A pesar de las limitaciones arriba mencionadas, los vertedores portátiles son considerados como los más prácticos y la efectividad del método se obtiene con la medición del flujo en la mayoría de las circunstancias.

Los equipos instalados en registros domiciliarios y pozos de visita registran los niveles sobre la cresta del vertedor, en consecuencia, el procesamiento de la información se inicia con la estimación de gastos instantáneos a partir de las lecturas, para ello se utilizan las expresiones típicas de vertedores calibradas en laboratorio, triangulares para registros domiciliarios y rectangulares para pozos de visita, a continuación se presentan dichas expresiones:

2.2.2.1 Vertedor Triangular (corte v)

Este tipo de vertedor se utilizó para la estimación de los volúmenes en los registros de los domicilios que se seleccionaron. Son particularmente precisos para la medición de flujos pequeños¹². Son los mejores vertedores para perfiles de gastos menores a 30 l/s¹². Las ecuaciones 2.1 y 2.2¹² son las que relacionan los niveles sobre la cresta con los gastos de descarga.

$$Q = Cd \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan \frac{\theta}{2} h^{\frac{5}{2}} \quad (2.1)$$

donde:

- Q = Gasto (m³/s)
- Cd = Coeficiente de descarga (Determinado experimentalmente)
- g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)
- θ = Ángulo (radianes)
- h = Altura sobre la cresta del vertedor (m)

Para el caso particular de un vertedor con un ángulo de 90°, la ec. 2.1 se reduce a:

$$Q = 1.38h^{\frac{5}{2}} \quad (2.2)$$

donde:

- Q = Gasto (m³/s)
- h = Altura sobre la cresta del vertedor (m)

2.2.2.2 Vertedor rectangular con contracciones laterales

Este tipo de vertedor se utilizó para la estimación de los volúmenes en los pozos de visita de los distritos de control seleccionados. Son capaces de medir un mayor rango de caudales que el vertedor triangular en corte V¹². La ecuación 2.3¹², la que relaciona los tirantes sobre la cresta con el gasto de descarga.

$$Q = 1.84 (L - 0.1nh) h^{\frac{3}{2}} \quad (2.3)$$

donde:

- Q = Gasto (m³/s)
- L = Ancho de la cresta del vertedor (m)
- n = Número contracciones
- h = Altura sobre la cresta del vertedor (m)

¹² Sotelo A. G., "Fundamentos de Hidráulica General", Vol. 1. Ed. 10. Edit. LIMUSA, 1989.

2.2.3 Recomendaciones en la instalación

Hay que asegurar que las alturas sean registradas con referencia a la cresta del vertedor, también hay que tener precaución al ser usados cuando se miden flujos en el alcantarillado sanitario en lo siguientes casos:

- a) Los sólidos y los escombros tienden a establecerse aguas arriba del vertedor, por lo que hay que revisar periódicamente los sitios de medición.
- b) Son afectados por la corrosión, a lo largo de la cresta del vertedor, esto puede alterar la precisión de las mediciones.
- c) El vertedor se debe instalar en un tramo recto del alcantarillado con una pendiente pequeña.
- d) Para prevenir un vacío bajo la napa, el vertedor debe estar aireado.
- e) Todas las conexiones del equipo de medición deben estar por encima del agua.
- f) Bajo condiciones de flujo ahogado o cuando la calda sobre el vertedor no ocurre, los datos no pueden ser utilizados; ya que la ecuación no se aplica.

Ventajas:

- a) Bajo costo.
- b) Fácil instalación.
- c) Fácil obtención del flujo.

Desventajas:

- a) Altas pérdidas de carga.
- b) Deben ser limpiados periódicamente; no se recomienda para canales con carga excesiva¹³ de sólidos.
- c) La precisión es afectada por la velocidad de llegada y por los sólidos en suspensión.
- d) Hay dificultad para hacer mediciones manuales exactas por el acceso limitado.

¹³ Se considera excesiva cuando en el período de medición la capacidad de almacenamiento se satura antes de que termine el período de medición.

2.3 Condiciones planteadas en la integración del equipo de medición

Las condiciones planteadas en la integración del equipo de medición fueron medir analógicamente y registrar digitalmente el nivel en un registro de aguas residuales, con las siguientes especificaciones:

- a) Toma de muestra y registro en memoria cada 10 segundos (con la finalidad de que una descarga de baño no pase su punto máximo).
- b) Registro y almacenamiento durante 7 días continuos, para cada punto de medición.
- c) Descarga de la información en computadora pc compatible.
- d) Resolución y sensibilidad de 1 mm, +/- 10 % en la detección de variación del nivel.

2.3.1 Selección del equipo de medición

La utilización de registradores continuos de tipo analógico, quedó descartada por la inconveniencia que presenta su costo de adquisición, mantenimiento y traslación de datos a un sistema digital; por lo que se realizó un sistema que integró la medición automática del nivel del agua por medio de un flotador que es un aparato mecánico, que en combinación con un potenciómetro mecánico convierten el nivel vertical por medio de un sensor magneto-resistivo en una señal analógica para almacenar los datos por medio de un data logger y así poder manipular la información recabada. La medición requiere exactitud en la calibración del tirante inicial cada vez en que es instalado con una verificación del tirante durante el período de las mediciones y si es posible una limpieza.

Este equipo pueden almacenar bastante información con mínimo esfuerzo en comparación con datos manuales.

La correcta instalación, la calibración y el mantenimiento requiere personal con conocimientos básicos de hidráulica y de procedimientos de mantenimiento para hacer las mediciones correctamente.

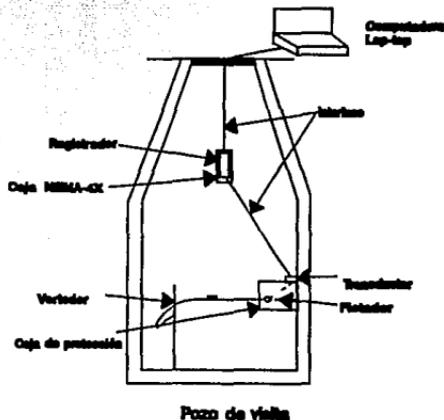
2.4 Sistema de adquisición de la información

El sistema de medición de aguas residuales (SMAR), consta de los elementos que se describen a continuación (ver lámina 1):

Un vertedor de cresta delgada de sección rectangular, ya que las condiciones de operación que se registran en los pozos de visita, son adecuadas para el funcionamiento de esta sección. Tienen un rango de operación de 0 a 60 l/s, que es el rango de los gastos que normalmente se presentaron en los distritos de control.

Como elemento primario de medición se utiliza un flotador, articulado en su extremo superior a un perno que permite el desplazamiento angular. El flotador está encerrado en una caja de protección contra la turbulencia y los sólidos flotantes. Conectado al perno se ubica un transductor de señal mecánica a analógica, es decir registra el movimiento transformándolo en una señal analógica y lo envía hacia un registrador de señal, tipo datta logger. El datta logger transforma la señal analógica a digital y la almacena. Está alimentado por una fuente de poder, que es una pila alcalina de 9 V. Ambos dispositivos están contenidos por una caja de plástico tipo NEMA-4, que además tiene dos puertos seriales tipo RS-232, para comunicación tanto con el transductor como con una computadora PC-IBM o compatible. La captura de la información se lleva a cabo periódicamente mediante una computadora.

Lamina 1. Colocación del SMAR en un pozo de visita



2.5 Programa de cómputo

En la memoria del microprocesador, está incorporado el programa de cómputo para la recopilación de registros de nivel, que permite la comunicación entre el dispositivo analógico de medición de nivel magneto resistivo y el sistema de acopio de datos, así como la determinación del nivel del agua a cada 10 seg y su almacenamiento.

En la PC se instaló el programa de comunicación para leer y capturar los datos del sistema electrónico de registro del flotador y el porcentaje de datos cargado durante la transferencia de información. Se incorporó un programa que genera un archivo para MS-DOS, en formato de hoja de cálculo, para la manipulación estadística de los datos. El programa permite variar los intervalos de lectura de nivel y permite incluir en las hojas de cálculo, valores de densidad y ecuaciones de flujo.

En la memoria del microprocesador están incorporados: el programa de computación que permitió la comunicación entre el dispositivo analógico de medición de nivel y el sistema de acopio de datos, y el programa de computación que realizó las mediciones cada 10 seg. y su almacenamiento.

El listado del programa utilizado, se muestra en el anexo no. 1.

2.5.1 Descripción general de las opciones del sistema

A continuación se hace una descripción de las opciones del sistema de cómputo

F2 Calibración del flotador

Con esta opción, el sistema presentará los siguientes mensajes:

Presione -Enter- para nivel mínimo.

En este momento, se debe llevar el flotador a lo que será su "Cero Húmedo" de referencia y presionar Enter para que el sistema lo lea.

Máximo desplazamiento.

Aquí deberá informar la altura máxima que se espera medir en milímetros en el rango completo de carrera del flotador, esto es, no a partir del cero húmedo sino del cero absoluto.

F3 Dar de alta datos del registro

Con esta opción, el sistema presentará los siguientes mensajes:

DÍA (1/31)

Día del mes

MES (1/12)

Número del mes correspondiente

AÑO (93.)

Año actual. Puede tener los valores 93, 94, 95, 96, 97, 98.

Código

Espera ocho caracteres alfanuméricos.

Intervalo de lecturas (seg)

Número de segundos a esperar entre cada lectura, puede variar entre 4 y 250.

DÍAS

HORAS

MINUTOS

Con estos tres datos se determina el tiempo total de muestreo. Si es mayor al permitido, el sistema regresará a preguntar el intervalo de lecturas.

F1 Iniciar las lecturas

-Al aceptar este comando, el medidor comienza a tomar lecturas y desplegarlas en pantalla. Esto último es para verificar que esta funcionando correctamente. Presione *escape* para cerrar la ventana de despliegue de lecturas, el medidor continuara leyendo.

- Si el sistema ya tiene lecturas cargadas, enviará un mensaje y no realizará ninguna operación. Para volver a cargar las lecturas se tiene que ejecutar **F6**.

F4 Carga de lecturas a la computadora

El sistema tomará las lecturas del flotador, vaciando la información en el archivo ASCII `tem.txt`

F5 Revisar nivel de energía

El sistema presentará el siguiente mensaje:

Carga al 108.999 % confiable

Es recomendable ejecutar esta opción antes de enviar cualquier operación de toma de lecturas. Si el sistema reporta una confiabilidad del 92 %, y el intervalo de lecturas es muy largo, es preferible cambiar la pila de alimentación.

F6 Reinicializar datos del registro

Permite volver a comenzar las lecturas.

F7 Exportar lecturas a DB

Toma los datos compactados del archivo `temp.txt` y los vacía en un archivo con el nombre correspondiente al código del registro leído y la extensión `.txt`

Por ejemplo, si el código registrado fue LABIMTO1, el archivo generado será:

`LABIMTO1.txt`

Este archivo tiene un formato delimitado que permite su posterior integración a cualquier sistema de base de datos compatible con dBASE.

F8 Cambiar velocidad de comunicación

Esta opción se utiliza en dos casos:

- 1 Cuando al comenzar se despliega el siguiente mensaje:

*no puedo establecer comunicación con monitor
Restablezca manualmente operación y vuelva a
Intentar*

2. Cuando al ejecutar las opciones **F2, F3 ,F5**, despliega caracteres ilegibles en pantalla. Siga estos pasos:

- a) Apague y prenda el flotador y presione esta tecla

- b) Presione **F5**

Si despliega correctamente el mensaje de batería, puede seguir trabajando normalmente

F12 Terminar

Para salir de la sección.

II. Recomendaciones para su instalación

1. Siempre conecte el cable de comunicación con la computadora apagada.
2. Siempre revise la POLARIDAD correcta en la conexión con la batería.

**ROJO + (POSITIVO)
NEGRO - (NEGATIVO)**

CAPITULO 3. MÓDULO DE CALIBRACIÓN

3.1 Módulo experimental

Con la finalidad de calibrar el equipo, se construyó un módulo experimental de calibración en el laboratorio de hidráulica del IMTA (foto 9).

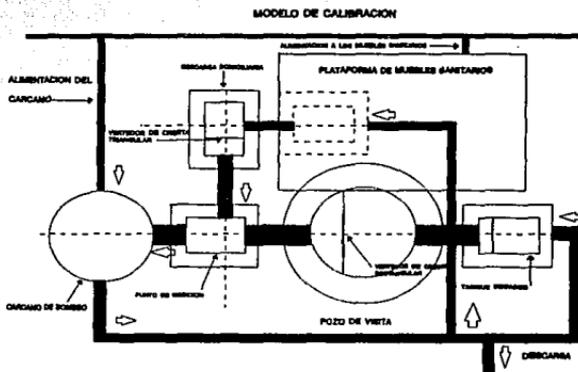
3.1.1 Componentes del módulo

El módulo de calibración está formado por un sistema que incluye los siguientes elementos:

- * Alimentación al cárcamo y a muebles sanitarios
- * Cárcamo de bombeo
- * Tanque dissipador
- * Pozo de visita
- * Descarga domiciliaria
- * Plataforma con muebles sanitarios
- * Registro de medición de volúmenes

Con una disposición tal como se muestra en la lámina 2.

Lámina 2. Módulo de Calibración de vertedores y de equipo



3.1.2 Construcción

En el laboratorio de hidráulica del IMTA, se construyeron dos dispositivos de prueba para los dos tipos de vertedores utilizados; para los pozos de visita en los puntos de concentración de los distritos de control se utilizaron vertedores rectangulares, con dimensiones de 110 cm de base, 60 cm de altura, con abertura de 20 cm de profundidad y 40 cm de longitud (ver lámina 3). Para los registros de las descargas domiciliarias se instalaron vertedores triangulares, cuyas dimensiones son aproximadamente, 39 cm de base, 35 cm de altura, con una abertura de 15 cm de profundidad a partir del borde superior y con un ángulo de 90° (ver lámina 4). Estos vertedores se instalaron en un registro de 40 x 60 x 50 cm (ancho, largo, altura) para el de sección triangular y en un cilindro de 120 de diámetro por 75 cm de altura para el de sección rectangular, ambos construidos de mampostería de tabique y aplanado internamente con mortero de cemento arena, similar a la construcción común de este tipo de elementos en campo.

El sistema de alimentación de agua, se diseño de forma tal que fuera posible controlar el flujo de alimentación al vertedor por medio de válvulas; para que se probaran; una vez que se establecía el flujo en cada uno de los ensayos programados.

3.2 Determinación de la relación carga contra gasto

Con objeto de verificar la relación de carga contra gasto, se efectuaron varias pruebas de calibración de tipo volumétrico de cada tipo de vertedor que se utilizaron en las descargas de los usuarios seleccionados. Para lo cual se realizó lo siguiente.

Se determinó la altura del nivel del agua con respecto a la cresta del vertedor, con lo cual se obtuvo una gráfica de puntos de acuerdo a las condiciones de prueba (cuadro 3), a estos datos se les aplicó un análisis de regresión por mínimos cuadrados, resultando la ecuación 3.1 (inciso 4.1.1), para un vertedor de sección rectangular y la ecuación 3.2 (inciso 4.1.2), para un vertedor de sección triangular con un ángulo de 90°.

$$Q = 0.7036 \cdot h^{1.51} \quad (3.1)$$

$$Q = 1.324 \cdot h^{2.451} \quad (3.2)$$

donde:

Q = Gasto (m³/s)

h = Altura (m)

Cuadro 3. Calibración de los vertedores rectangular y triangular.

Altura H (mm)	Vertedor Rectangular		Vertedor Triangular	
	Volumen medido (m ³)	Volumen Calibrado (m ³)	Volumen medido (m ³)	Volumen Calibrado (m ³)
0.01	0.00060	0.00067	0.000018	0.00002
0.02	0.00217	0.00191	0.00009	0.00009
0.03	0.00375	0.00353	0.00020	0.00025
0.04	0.00557	0.00545	0.00050	0.00050
0.05	0.00723	0.00763	0.00080	0.00086
0.06	0.00971	0.01006	0.00130	0.00134
0.07	0.01132	0.01269	0.00201	0.00196
0.08	0.01541	0.01551	0.00280	0.00271
0.09	0.02071	0.01854	0.00380	0.00362
0.10	0.02308	0.02176	0.00480	0.00469
0.11	0.02602	0.02511	0.00500	0.00592
0.12	0.03026	0.02864	0.00800	0.00733
0.13	0.03284	0.03232	0.00901	0.00892
0.14	0.03540	0.03614	0.01005	0.01069
0.15	0.03827	0.04010	0.01501	0.01266
0.16	0.04302	0.04424		
0.17	0.04803	0.04844		
0.18	0.05203	0.05279		
0.19	0.05602	0.05727		
0.20	0.06010	0.06195		

Una vez que se realizaron las pruebas de calibración de los equipos de medición, se trasladaron a los puntos de medición seleccionados en los distritos de control en cada una de las ciudades elegidas para realizar las mediciones en campo.

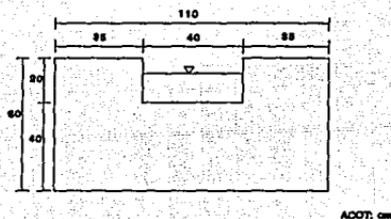
3.3 Descripción del sistema de medición

3.3.1 Vertedor rectangular

La distancia a que se colocó el punto de medición fue a 60 cm de la cresta del vertedor, que es 3 veces el máximo esperado en el vertedor¹⁴. La instalación de los vertedores en los pozos de visita de los puntos de concentración de los distritos de control, se efectuó de la siguiente forma:

Se verificó que el vertedor rectangular quedara instalado perpendicular al flujo, la placa vertical y la cresta del vertedor horizontal, y dado que se estimó un tirante máximo de 15 cm sobre la cresta del vertedor, el registrador de nivel se instaló a 70 cm aguas arriba del vertedor, con lo cual el sistema de medición cumple con la especificación de distancia de medición con respecto al vertedor, las dimensiones del vertedor rectangular empleado se muestran en la lámina 3.

Lámina 3. Vertedor rectangular

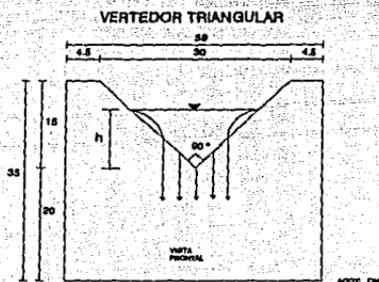


¹⁴Internacional Standard Organization, "Thin-plate weirs, in Liquid Flow Measurement in Open Channels", ISO 1438, Geneva, 1975.

3.3.2 Vertedor triangular

La distancia a que se colocó el punto de medición del vertedor triangular¹⁵, fué de 20 cm, que es 3 veces la altura máxima esperada aguas arriba de la cresta. Los vertedores triangulares se recomiendan para el aforo de gastos inferiores a 30 l/s. Su precisión es mejor que el rectangular, para gastos pequeños; para gastos mayores es recomendable el rectangular debido a que el triangular es más sensible a cualquier cambio en la rugosidad de la placa y también porque requiere mayor exactitud en la medición de las cargas, pues el gasto varía con la potencia 2.5 de la misma,¹⁶ las dimensiones del vertedor triangular empleado se muestran en la lámina 4.

Lámina 4. Vertedor triangular



3.3.3 Recomendaciones en la instalación de vertedores en los registros de las descargas domiciliarias

Se verificó la instalación del vertedor dentro del registro domiciliario, de acuerdo a las recomendaciones técnicas, la cresta del vertedor, por ser triangular quedó con su

¹⁵ White, W. R., "The performance of two-dimensional and flat-V triangular profile weirs", proc. I.C.E., 1971, paper 7350S (1971).

¹⁶ Sotelo A. G., "Fundamentos de Hidráulica General", Vol. 1. Ed. 10. Edit. LIMUSA, México, 1989.

bisectriz perpendicular a la superficie libre del agua, mediante la nivelación horizontal del borde superior de la placa que forma el vertedor.

Se verificó que la placa que forma el vertedor sea vertical y perpendicular al flujo, mediante una plomada para la verticalidad y escuadras para rectificar la perpendicularidad con respecto al eje longitudinal del registro domiciliario.

Se verificó que el vertedor quedara instalado a 40 cm de la cara interna del registro, aguas arriba del vertedor, con la finalidad de tener una distancia de 30 cm entre el vertedor y el registrador, ya que se estimó que el tirante máximo en la descarga sería de 7.5 cm para un gasto máximo de 3.0 l/s, con lo cual se cumple con la especificación de medir la altura del agua sobre el vertedor a una distancia de 3 a 4 veces el tirante máximo¹⁷.

¹⁷ International Standard Organization, "Thin-plate weirs, in Liquid Flow Measurement in Open Channels", ISO, Geneva, 1975.

CAPITULO 4. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO EN LABORATORIO

Las mediciones directas del gasto se refieren a la determinación del volumen o peso de un fluido que pasa a través de una sección en un intervalo de tiempo.

4.1 Análisis

Haciendo uso de mínimos cuadrados para determinar las constantes para un vertedor.

$$Q = CH^m \quad (4.1)$$

Al tomar logaritmos a ambos lados de la ecuación.

$$\ln Q = \ln C + m \ln H \quad \text{o} \quad y = B + mx \quad (4.2)$$

Por mínimos cuadrados la mejor línea recta que pasa por los puntos es aquella que genera el mínimo valor de las sumas de los cuadrados de los desplazamientos verticales de cada punto de la línea.

$$F = \sum_{i=1}^{n} S_i^2 = \sum [y_i - (B + mx_i)]^2 \quad (4.3)$$

donde n es el número de puntos experimentales.

Para minimizar F, los parciales $\delta F / \delta B$ y $\delta F / \delta m$ deben ser igual a cero: esto genera dos ecuaciones con dos incógnitas; B y m.

$$\frac{\delta F}{\delta B} = 0 = 2 \sum [y_i - (B + mx_i)] (-1) \quad (4.4)$$

de donde:

$$\sum y_i - nB - m \sum x_i = 0 \quad (4.5)$$

y también:

$$\frac{\delta F}{\delta m} = 0 = 2 \sum [y_i - (B + mx_i)] (-x_i) \quad (4.6)$$

o bien:

$$\sum x_i y_i - B \sum x_i - m \sum x_i^2 = 0 \quad (4.7)$$

Al resolver las ecuaciones 4.8 y 4.9 se obtiene m y B:

$$m = \frac{\frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i} - \frac{\sum y_i}{n}}{\frac{\sum x_i^2}{\sum x_i} - \frac{\sum x_i}{n}} \quad (4.8)$$

$$B = \frac{\sum y_i - m \sum x_i}{n} \quad (4.9)$$

Las ecuaciones 4.8 y 4.9, estiman los valores de los coeficientes de B y m, para los vectores rectangular y triangular.

4.1.1 Vertedor Rectangular.

En el laboratorio de hidráulica se obtuvieron los siguientes puntos de medición para el vertedor de sección rectangular. (ver cuadro 4).

Al resolver las ecuaciones 4.8 y 4.9. Se obtuvo: $C = 1.510$ y $m = 0.7036$. Por lo que la ecuación calibrada es de la siguiente forma:

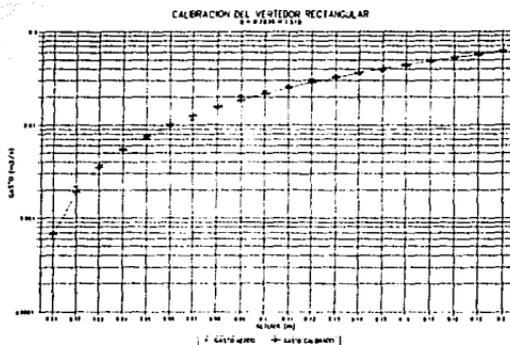
$$Q = 0.7036 h^{1.510} \quad (4.10)$$

donde: $Q =$ Gasto (m^3/s)
 $h =$ Altura en (m)

A continuación se muestra los gastos medidos y la curva de calibración.
 Cuadro 4.

Altura (mm)	Gasto (l/s)
10	0.60
20	2.17
30	3.75
40	5.57
50	7.23
60	9.71
70	11.32
80	15.41
90	20.71
100	23.08
110	28.02
120	30.26
130	32.84
140	35.40
150	38.27
160	43.02
170	48.03
180	52.03
190	56.02
200	60.10

Lámina 5. Curva de calibración del vertedor rectangular



4.1.2 Vertedor Triangular

En el laboratorio de hidráulica se obtuvieron los siguientes puntos de medición (ver cuadro 5) para el vertedor de sección triangular con muesca en V a (90°).

Al resolver las ecuaciones 4.8 y 4.9. Se obtuvo, $m = 2.451$ y $C = 1.324$. Por lo que la ecuación calibrada es de la forma:

$$Q = 1.324 h^{2.451} \quad (4.11)$$

donde:

Q = Gasto (m³/s)

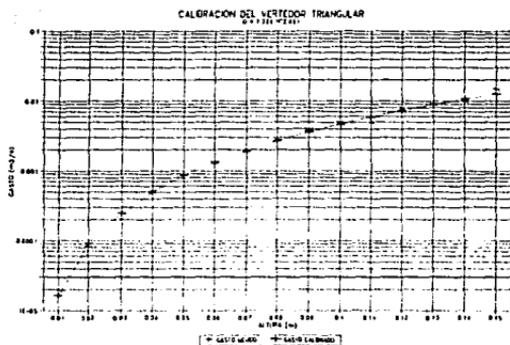
h = Altura en (m)

A continuación se muestra los gastos medidos y la curva de calibración.

Cuadro 5.

Altura (mm)	Gasto (l/s)
10	0.02
20	0.09
30	0.20
40	0.50
50	0.80
60	1.30
70	2.01
80	2.80
90	3.80
100	4.80
110	5.00
120	8.00
130	9.01
140	10.05
150	15.01

Lámina 6. Curva de calibración del vertedor triangular



4.2 Medición del error

La medición del flujo en los vertedores requiere conocer la exactitud derivada por los resultados que son adecuados para tasar los errores totales en las mediciones del flujo. La siguiente sección describe brevemente los métodos adoptados¹⁸ para la determinación de los errores en una medición sencilla de gasto.

4.2.1 Causas de errores

Los errores de medición de gastos dependen generalmente de:

- Aplicación correcta en la especificación de diseño y las limitaciones del tipo particular de cada estructura de medición.
- Construcción estándar de la estructura de medición.
- Coefficiente del gasto y la forma de la ecuación del gasto.
- Fijar el cero para la medición.
- Sensibilidad en la medición del aparato.
- Medición de la geometría de la estructura.

Los Valores Típicos con un 95 % de nivel de confianza se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Valores típicos del error con un 95 %

Tipo de medición	Error 95 % de confianza
Vertedores de perfil Triangular.V	$X_c = \pm 3 \%$
Vertedores de perfil rectangular	$X_c = \pm 3 \%$

Donde:

X_c = Porcentaje de error del valor de coeficiente.

¹⁸ Hershey, R. W., "The Magnitude of Errors at Flow Measurement Stations", Technical Note No. 11, Water Resources Board, Reading, 1971.

4.2.2 Categorías de errores

Los errores pueden ser clasificados como aleatorio o sistemático.

a) Errores aleatorios

La desviación estándar, de una colección de n cantidad de mediciones Y , bajo condiciones en estudio pueden ser estimadas por la ecuación:

$$\sigma = \left[\frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (4.12)$$

donde \bar{Y} es el promedio aritmético de n mediciones. La desviación estándar del promedio σ_y esta dada por:

$$\sigma_y = \sigma \frac{Y}{\sqrt{n}} \quad (4.13)$$

y el error del promedio es dos veces σ_y con un 95 % de nivel de confianza (asumiendo que n es grande). El error es la contribución de la cantidad de observaciones Y para el total de errores.

b) Errores sistemáticos

Como la repetición de mediciones no elimina el error sistemático, el valor real sólo puede ser determinado por una forma independiente de mediciones con más precisión. No es posible expresar el error sistemático en términos de nivel de confianza porque la distribución de probabilidad no es conocida y la cifra citada es usualmente completa o fuera de los límites.

4.2.3 Error en la medición del cero.

La precisión fué calculada con un 95 por ciento de límite de confianza. El error en la medición del cero tiene una exactitud de 0.05 mm, de acuerdo a la precisión del flotador.

4.2.4 Combinación de errores

El total de errores es el resultado de varias contribuciones de errores, de errores compuestos con sí mismos. El error total de las mediciones del gasto depende de los errores constituyentes y la forma de la ecuación del gasto, estos factores afectan la importancia relativa de los errores separados.

4.2.5 Medición personal^{19,20}

La medición personal se realizó con una escala lineal graduada fijándose de tal manera que la variación de la superficie del agua se observada directamente en la escala. Lográndose la precisión de las mediciones de 1 mm.

¹⁹ British Standard Institution, Part 7: "The measurement of liquid level (stage), in *Methods of Measurement of Liquid Flow in Open Channels*", BS 3680, B.S.I., London, 1971.

²⁰ Buchanan, T.J., and Somers W.P., "Stage measurement at gauging stations", in *Techniques of Water Resources Investigations of the United States Geological Survey*, US Geological Survey Washington, 1968, Chap. A7.

4.3 Cálculo de los errores

4.3.1 Vertedor rectangular

La precisión con que se está midiendo el gasto, Q , en un vertedor de cresta delgada con contracciones laterales es de la siguiente forma:

$$Q = 1.759 \cdot L \cdot H^{1.510} \quad (4.14)$$

donde:

H = Carga del vertedor, (m)

$$L = L' - 0.2H' \quad (4.15)$$

L = Longitud efectiva total de la cresta dada por la ec. 4.15.

L' = Longitud real, en (m)

y las mediciones realizadas fueron:

$$L' = 0.4 \pm 0.0005 \text{ m}$$

$$H = 0.2 \pm 0.001 \text{ m}$$

Manteniendo separadas las ecuaciones 4.14 y 4.15, se tiene que:

$$\frac{\delta L}{\delta L'} = 1.0 \quad (4.16)$$

$$\frac{\delta L}{\delta H} = -0.04 \quad (4.17)$$

$$e = \left[\left(\frac{\delta L}{\delta L'} \right)^2 e_{L'}^2 + \left(\frac{\delta L}{\delta H} \right)^2 e_H^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4.18)$$

$$e = \left[(1.0)^2 (0.0005)^2 + (-0.04)^2 (0.001)^2 \right]^{\frac{1}{2}} = \pm 0.000502 \quad (4.19)$$

y de 4.14

$$\frac{\delta Q}{\delta L} = 1.759 H^{1.510} = 1.759 (0.2)^{1.510} = 0.15482 \quad (4.20)$$

$$\frac{\delta Q}{\delta H} = 1.759 (1.51) L H^{0.510} = 1.759 (1.51) (0.36) (0.2)^{0.510} = 0.42079 \quad (4.21)$$

Por lo que:

$$e_o = \left[\left(\frac{\delta Q}{\delta L} \right)^2 e_L^2 + \left(\frac{\delta Q}{\delta H} \right)^2 e_H^2 \right]^{1/2} \quad (4.22)$$

$$e_o = \left[(0.15482)^2 (0.000502)^2 + (0.42079)^2 (0.001)^2 \right]^{1/2} = \pm 0.0004278 \quad (4.23)$$

por lo tanto:

$$Q = 1.759 (0.4) (0.2)^{1.51} = 0.06192 \quad (4.24)$$

Así que el gasto está dado con la siguiente precisión.

$$Q = 0.06192 \frac{m^3}{s} \pm 0.0004278 \frac{m^3}{s} = 61.92 \frac{l}{s} \pm 0.4278 \frac{l}{s} \quad (4.25)$$

4.3.2 Vertedor triangular

La precisión con que se midió el gasto, en el vertedor de cresta delgada de sección triangular con un ángulo de 90° fué la siguiente ecuación:

$$Q = 1.3245 H^{2.451} \quad (4.26)$$

donde:

$$H = \text{Carga del vertedor, (m)}$$

y las mediciones realizadas fueron:

$$H = 0.15 \pm 0.001 \text{ m}$$

las derivadas parciales son:

$$\frac{\partial Q}{\partial H} = (1.3245)(2.451)H^{1.451} = 1.3245(2.451)(0.15)^{1.451} = 0.206968 \quad (4.27)$$

por lo que:

$$e_Q = \left[\left(\frac{\partial Q}{\partial H} \right)^2 e^2 H \right]^{\frac{1}{2}} = [(0.206968)^2 (0.001)^2]^{\frac{1}{2}} = \pm 0.000206 \quad (4.28)$$

por lo tanto:

$$Q = 1.3245 (0.15)^{2.451} = 0.0126 \frac{m^3}{s} \quad (4.29)$$

Así que el gasto estará dado con la siguiente precisión.

$$Q = 0.01266 \frac{m^3}{s} \pm 0.000206 \frac{m^3}{s} = 12.66 \frac{l}{s} \pm 0.206 \frac{l}{s} \quad (4.30)$$

CAPÍTULO 5. MEDICIONES EN CAMPO

5.1 Metodología

5.1.1 Generalidades

La obtención de coeficientes de aportación y variación, representa un gran reto para el Ingeniero ya que debe enfrentarse a un sinnúmero de parámetros que afectan, por lo tanto, el éxito del estudio depende en gran medida de la planificación general del mismo, de la selección del equipo de medición y de la correcta interpretación de la información obtenida en campo. Este capítulo describe, en forma sucinta las actividades relacionadas con el diseño del experimento y las campañas de medición.

5.1.2 Planificación general

Se han incluido en esta sección, las actividades que se llevaron a cabo para la selección de dos ciudades y de sitios de medición, a los cuales se les conoce como distritos de control. La selección se hizo con el siguiente procedimiento: se revisaron los planos de drenaje de la ciudad y se localizaron varios sitios preliminares para lo cual se considera tres clases socioeconómicas (residencial, media y popular); se verificó que los sitios en estudio se tuvieran un solo punto de descarga del sector, y que existiera micromedidores.

5.1.3 Poblaciones

Si bien en este trabajo se pretende evaluar el valor del coeficiente de aportación con mediciones en varios sitios de la República, se ha considerado pertinente iniciar el estudio con mediciones en ciudades que cuentan con un buen nivel de información, permitiendo con esto estimar la confiabilidad del equipo y afinar la metodología de aplicación. Por lo tanto los criterios de selección utilizados son:

- Tamaño de la población
- Desarrollo de consolidación del organismo
- Desarrollo de infraestructura de saneamiento
- Interés del Organismo para ejecución del estudio
- Grado de desarrollo de la micromedición
- Clima
- Desarrollo socioeconómico de la población.

Atendiendo a los factores señalados, se seleccionaron dos ciudades de alrededor de 1,000,000 habitantes, cuyos Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado cuentan con un buen desarrollo de su infraestructura técnica y administrativa, clara diferenciación social en su padrón de usuarios, sistemas de saneamiento y micromedición bien estructurados, clima diferente entre ellas y marcado interés en desarrollar técnicas que permitan eficientar la operación de sus sistemas de alcantarillado sanitario.

5.1.4 Selección de Distritos de Control

La selección de los distritos de control considera básicamente los siguientes criterios: Influencia que pueda tener el nivel socioeconómico de la población en su patrón de descarga, se sabe que distintos estratos socioeconómicos de población generan diferentes demandas o dotaciones de agua potable, en consecuencia, es de esperar que cada estrato socioeconómico origine diferentes patrones de descarga de agua residual, tanto en porcentaje como en variación diaria y horaria. Para la ejecución del estudio, en la parte correspondiente a la determinación de variación de gastos diaria y horaria, es necesario la realización de mediciones en zonas aisladas de la ciudad, esto es, sectores que por sus condiciones topográficas sólo dispongan de una salida del sistema de alcantarillado, preferentemente de un tamaño medio es decir que tengan menos de 2000 tomas o usuarios²¹, y disposición de micromedición de agua potable en el total de las tomas.

La mecánica a seguir en cada localidad en estudio es seleccionar conjuntamente con personal del Organismo Operador, con base en planos del sistema de alcantarillado, recorridos en la ciudad, tres distritos de control, uno de cada estrato socioeconómico²² definido conforme a lo siguiente: la clase residencial que es una zona que tiene todos los servicios, las casas cuentan con dos o más baños, jardín de 50 m² o más, cisterna, lavadora y tres o más llaves; la clase media que es una zona que tienen todos los servicios, cuentan con uno o más baños, jardín de 15 a 35 m², dos llaves; la clase popular es una zona que por lo general son vecindades, casas habitadas por varias familias, cuentan con una llave por vivienda, compartiendo el baño y con jardín de 0 a 8 m².

²¹ El tamaño de 2000 usuarios es aproximado de un sector o colonia de una clase socioeconómica que se pueda aislar.

²² Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, "Estudio de Actualización de Dotaciones en la República Mexicana", Jiutepec, Mor. 1993.

5.1.5 Selección de la muestra poblacional

Por lo que respecta a la selección del tamaño de la muestra es importante observar que un muestreo aleatorio simple²³ es el ideal para obtener buenas estadísticas de la población con muestras de pequeño tamaño, menores a 30²⁴. Sin embargo, por consideraciones prácticas (aislar los distritos para la estimación global) debe realizarse un muestreo aleatorio estratificado, lo cual conduce a muestras de mayor tamaño, si se desconocen los valores de la varianza de la población. Habida cuenta de lo anterior, con base en el criterio de Lininger²⁵ y de las mediciones del período de invierno se realizó un estudio de la varianza de la población, entendiendo como población a los valores del coeficiente de aportación y suponiendo que la población tiene una función de densidad de probabilidad gaussiana.

Los resultados en los 6 distritos analizados permitieron determinar que los valores de la varianza varían en un rango de 0.79 % a 20.0 %. Por lo tanto, para estimar el error estándar en la medición de los valores se aplica la expresión 5.1.

$$s_x = \sqrt{\frac{N-n}{N}} \sqrt{\frac{1}{n} s} \quad (5.1)$$

donde:

- N = Tamaño de la población en el distrito
- n = Tamaño de la muestra
- s = Varianza
- s_x = Error estándar

En esta expresión el factor (N-n)/N representa la influencia del tamaño relativo o proporcional de la muestra. El factor 1/n representa la influencia del tamaño de la muestra. Se infiere que los aumentos en el tamaño absoluto de la muestra son más útiles para reducir el error estándar que los aumentos comparativos en la proporción de la muestra en la relación con el total de la población. Las láminas 7 a 12 presentan bajo este criterio de muestreo, el error estándar esperado en las mediciones para cada distrito seleccionado.

²³ Esto significa seleccionar en toda la ciudad al menos 30 muestras o domicilios por estrato socioeconómico, lo cual encarece sustancialmente el estudio por los recorridos que deben realizarse en toda la ciudad.

²⁴ Irwin Miller and John E. Freund, "Probability and Statistics for Engineers" Prentice Hall, New Jersey, 1965.

²⁵ Lininger Ch. & Warwick D., "La Encuesta por Muestreo: Teoría y Práctica", ed. CECSA, México, 1985.

Lámina 7. Error estándar de la clase residencial León, Gto.

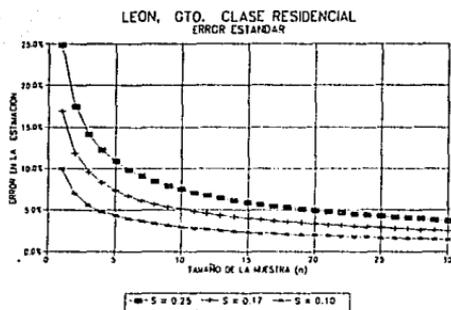


Lámina 8. Error estándar de la clase media León, Gto.

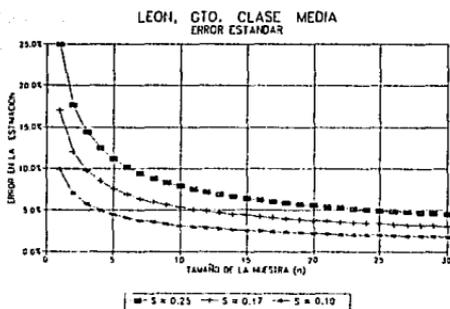


Lámina 9. Error estándar de la clase popular León, Gto.

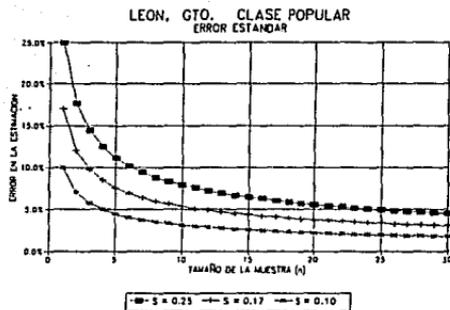


Lámina 10. Error estándar de la clase residencial Cd. Juárez, Chih.

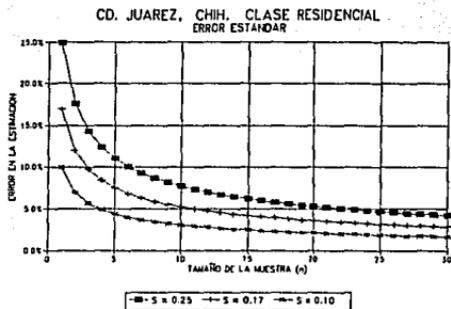


Lámina 11. Error estándar de la clase media Cd. Juárez, Chih.

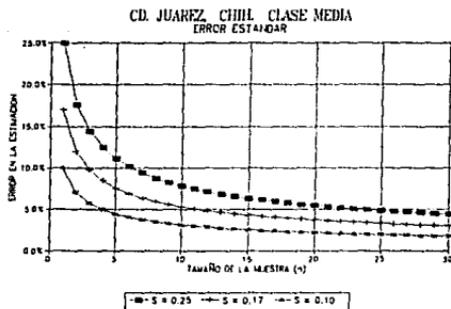
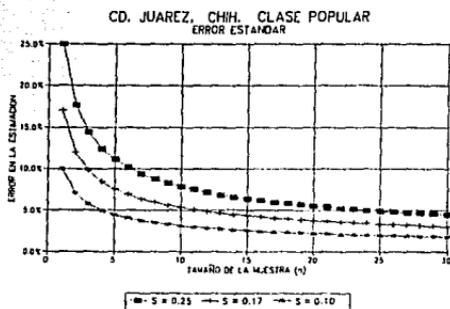


Lámina 12. Error estándar de la clase popular Cd. Juárez, Chih.



El nivel de confiabilidad asociado al método de muestreo se ha fijado en 95 %, con lo cual se acepta que 5 veces en 100 se equivoca la estimación resultado, de está forma que el intervalo de confiabilidad será el valor medio del porcentaje de aportación \pm dos veces el error estándar. Tanto la expresión como el nivel de confiabilidad son ampliamente usados en encuestas de población con distribución de probabilidad normal²⁶.

5.1.6 Selección del punto de concentración del Distrito de Control

Dentro de la red de alcantarillado de cada localidad se han determinado 3 zonas denominadas "Distritos de Control", un distrito por cada estrato social. Los distritos deben cumplir con la condición de poder aislar su red de alcantarillado, de forma tal que exista una sola salida del drenaje en todo el distrito, delimitándose en forma precisa el área tributaria correspondiente; y en éstos medir el gasto de salida de agua residual.

Es importante destacar que las mediciones del volumen de ingreso de agua potable a cada distrito, no se efectuaron en razón a que los circuitos de agua potable no necesariamente coinciden con los circuitos de agua residual, por lo que la estimación del volumen de ingreso no correspondería con el de salida.

5.2 Procesamiento de la información

5.2.1 Gastos consumidos

La determinación de los gastos de agua potable consumido por el usuario se realiza a partir de las lecturas de los micromedidores domiciliarios. Diariamente se efectúa la lectura y se obtiene una diferencia de volumen o consumo del usuario por día.

5.2.2 Gastos de descarga

Los equipos instalados en registros domiciliarios y pozos de visita registran variaciones de nivel sobre la cresta del vertedor, en consecuencia, el procesamiento de la información inicia con la estimación de gastos instantáneos a partir de las lecturas, para ello se utilizan las expresiones típicas de vertedores, triangulares para registros domiciliarios y rectangulares para pozos de visita, a continuación se presentan dichas expresiones calculadas en el acápite 4.1.1 y 4.1.2 :

²⁶ Kish, L., "Survey Sampling", New York: Wiley, 1965

Vertedor Rectangular con contracciones laterales

$$Q = 0.7036 h^{1.510} \quad (5.2)$$

Vertedor Triangular

$$Q = 1.324 h^{2.451} \quad (5.3)$$

5.2.3 Coeficiente de aportación

El coeficiente de aportación se define como el porcentaje de la agua suministrada diariamente que después de ser utilizada por el usuario ingresa a la red de alcantarillado como agua residual. Cabe señalar que dado que se desconoce el porcentaje de pérdidas que se presentan en la red y en la toma domiciliaria de cada distrito se ha preferido determinar el coeficiente a partir del volumen real de ingreso al domicilio y no de la dotación teórica, ya que esta hipótesis ocasionaría incertidumbre en los resultados.

En consecuencia, la determinación del coeficiente de aportación se realizó a partir de la medición de los volúmenes de agua que ingresan diariamente V_i a un domicilio k , de los volúmenes de agua residual que descarga V_r el mismo domicilio k , por tanto el coeficiente de aportación C_i , será:

$$C_i = \frac{V_r}{V_i} \quad (5.4)$$

Para cada usuario "k", donde "k" varía de 1 a "m" usuarios muestreados, se determina el coeficiente de aportación de cada día "i", siendo "i" una variable que va de 1 a "n" días muestreados por usuario. Calculándose el coeficiente de aportación media C_k , que es el promedio de los coeficientes diarios C_i , ec. 5.5.

$$\bar{C}_k = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_i \right] \quad (5.5)$$

Finalmente el coeficiente medio del distrito es el promedio de los coeficientes medios de cada usuario C_k , ec. 5.6.

$$\bar{C} = \left[\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \bar{C}_k \right] \quad (5.6)$$

donde:

m = Tamaño de la muestra en cada distrito.

n = Número de días muestreados.

V_i = Volumen de ingreso de agua potable al usuario en un día.

V_s = Volumen de salida de agua residual de cada usuario en un día.

El procedimiento de estimación de la varianza se realiza para cada distrito y en cada estación, a partir del valor de cada C_{ki} , mediante la estadística para una distribución normal, siendo la ec. 5.7, la que describe el algoritmo utilizado:

$$S = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n (C_{ki} - \bar{C})^2}{(m \cdot n) - 1} \quad (5.7)$$

donde:

S = Varianza de la muestra

C_{ki} = Valores del coeficiente de aportación del usuario k en el día i

C = Coeficiente de aportación medio del distrito

Es importante señalar que tanto para la estimación del coeficiente de aportación como de su varianza se adoptaron los valores del coeficiente diario C_{ki} y no, por ejemplo, el promedio semanal C_k , logrando con ello obtener un mejor análisis estadístico y un mayor tamaño de muestra que en realidad es de $(m \times n)$ para cada distrito. Por supuesto un análisis semanal arrojaría resultados ligeramente diferentes, con menor dispersión, pero con resultados menos confiables.

5.2.4 Coeficiente de variación horaria

El coeficiente de variación horaria se deriva de la fluctuación en la utilización de agua por parte del usuario, los requerimientos de agua para un sistema de distribución del agua no son constantes durante el día, en forma similar, la descarga de agua residual presentará variaciones a lo largo del día en función de las necesidades propias de cada usuario.

La determinación de estas fluctuaciones es importante, ya que de ellas se deriva el cálculo del gasto máximo instantáneo que se utiliza en el diseño de las líneas de alcantarillado dicho gasto se obtiene al multiplicar el coeficiente de variación horaria por el coeficiente de variación diaria (obteniéndose un valor equivalente al coeficiente

de Harmon M²⁷) y por el gasto medio diario.

Se ha señalado que los equipos instalados en registros domiciliarios y pozos de visita registran variaciones de nivel, el procesamiento de la información inicia a partir de los archivos de gastos instantáneos es decir de los registros se obtienen los gastos instantáneos cada 10 s, es decir, cada hora de registro contiene 360 lecturas de gasto instantáneo para la estimación del coeficiente de variación horaria se adopta el siguiente procedimiento: se toma el registro de un distrito X, correspondiente a la estación Y, el registro tiene una longitud de m días, que corresponderá a 8640 x m datos. Se divide el registro en m partes, de 8640 datos. A continuación se determina el gasto medio de cada "h" hora del día "k":

- el gasto medio de cada hora de registro h, Q_{kh} que será el promedio de cada 360 lecturas, ver la ec. 5.8.

$$\overline{Q}_{kh} = \left[\frac{1}{360} \sum_{i=(360 \cdot (h-1)) + 1}^{360 \cdot h} Q_i \right] \quad (5.8)$$

donde:

$$\begin{aligned} h &= 1 \dots 24 \\ k &= 1 \dots 7 \end{aligned}$$

Posteriormente, de cada día k, se obtiene el gasto medio diario, ec. 5.9.

$$\overline{Q}_{dk} = \left[\frac{1}{24} \sum_{h=1}^{24} Q_{kh} \right] \quad (5.9)$$

A partir los valores de Q_{dk} y del valor de la desviación estándar de los gastos medios horarios, $\sigma_{h'}$, se obtiene el coeficiente de variación horario definido por la ec. 5.10.

²⁷ Harmon, W. G., "Forecasting Sewage at Toledo under Dry-Weather Conditions." Eng. News-Rec. 80, 1233 (1918).

$$CV_h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[1 + \left(\frac{\sigma_h}{Q_{kh}} \right) \right] \quad (5.10)$$

donde:

- C. V_h = Coeficiente de variación horario
- σ_h = Desviación estándar de los gastos medios horarios Q_{kh} donde k varía de 1 a n y h varía de 1 a 24.
- n = Número de días de análisis.

la ec. 5.11, describe el algoritmo utilizado para la estimación de la desviación estándar:

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n \sum_{h=1}^{24} (\overline{Q}_{kh} - \overline{Q}_{dk})^2}{(n \cdot 24) - 1}} \quad (5.11)$$

5.2.5 Coeficiente de variación diaria

El coeficiente de variación diaria se deriva de la fluctuación de la utilización del agua por parte del usuario, los requerimientos de agua para un sistema de distribución del agua no son constantes durante el año sino que varían en forma diaria. En forma similar a las descargas de agua residual presentan variaciones día a día no siendo lo mismo un día laborable que un día de descanso, por ejemplo.

La determinación de estas fluctuaciones es importante ya que de ellas se deriva el cálculo del gasto máximo instantáneo que es utilizado en el diseño de las líneas de alcantarillado dicho gasto se obtiene en multiplicar el coeficiente de variación horaria por el coeficiente de variación diaria y por el gasto medio diario. El algoritmo para la estimación del coeficiente de variación diaria se presenta en la expresión 5.12:

$$CV_d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[1 + \left(\frac{\sigma_d}{Q_d} \right) \right] \quad (5.12)$$

donde:

- C. V._d = Coeficiente de variación diario
- σ_d = Desviación estándar de los gastos medios diarios de Q_{dk} donde k varía de 1 a n.
- n = Número de días de análisis.

El gasto medio del distrito es:

$$\bar{Q}_d = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \bar{Q}_{dk} \quad (5.13)$$

La ec. 5.14. describe el algoritmo utilizado para la estimación de la desviación estándar:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (Q_{maxik} - \bar{Q}_d)^2}{n - 1}} \quad (5.14)$$

5.3 Trabajos de campo

5.3.1 Selección de Organismos Operadores

Conforme al criterio mencionado se seleccionó a las ciudades de *León, Gto.* y *Cd. Juárez, Chih.* como las más factibles de desarrollar el estudio, el cuadro 7 presenta las principales características de las localidades.

Previamente a la realización del estudio se firmaron los acuerdos de cooperación respectivos entre las autoridades de las instituciones: Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León (SAPAL), Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Cd. Juárez (JMAS) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) siendo este último el patrocinador de éste trabajo.

Cuadro 7. Características de las poblaciones en estudio

POBLACIÓN		CD. JUÁREZ	LEÓN
HABITANTES		898,337	871,932
DOTACIÓN ²⁸	RESIDENCIAL	280 l/hab/día	240 l/hab/día
	MEDIA	150 l/hab/día	150 l/hab/día
	POPULAR	125 l/hab/día	125 l/hab/día
CONEXIONES DE AGUA POTABLE		169,070	129,582
CONEXIONES DE DRENAJE		128,170	125,581
CLIMA		SEMI-DESÉRTICO	TEMPLADO-SEMISECO
PORCENTAJES DE POBLACIÓN POR ESTRATOS SOCIOECONÓMICOS ²⁹	RESIDENCIAL	5	5
	MEDIA	27	32
	POPULAR	68	63

5.3.2 Distritos de control

La selección de los distritos de control se realizó después de analizar en conjunto con personal de los organismos operadores, los planos de alcantarillado de la ciudad, se detectaron los sectores donde es factible aislar la red de alcantarillado sanitario, posteriormente mediante los recorridos de campo se seleccionaron los distritos para el estudio mismos que se presentan en el cuadro 8.

²⁸ Comisión Nacional del Agua, "Manual de datos Básicos", México, 1994.

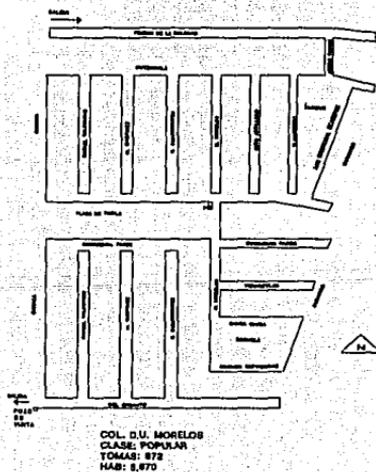
²⁹ INEGI, "Estudio de Ingresos entre la población económicamente activa de la República Mexicana", México, 1992.

Cuadro 8. Características de los distritos de estudio

Ciudad	Distrito	Clase social	# de Descarga	Habs.	Longitud de red (m)	Diámetro (cm)
Cd. Juárez, Chih.	San Marcos Córdoba- Américas Morelos	Residencial	217	1,410	3,580	45
		Media	574	3,730	3,200	38
		Popular	872	5,670	3,650	45
León, Gto.	Campestra Echeveste Santa Clara	Residencial	92	690	4,950	45
		Media	1,566	10,180	5,122	38
		Popular	617	4,915	8,200	45

Un distrito típico de control, de la clase popular de Cd. Juárez se presenta en la lámina 13. En cada uno de los sectores se realizó un recorrido de verificación exhaustivo de la red de alcantarillado, después del cual se programaron las mediciones. En cada distrito se realizaron entrevistas con los usuarios con objeto de obtener su cooperación con el estudio.

Lámina 13. Distrito de control Morelos, Cd. Juárez, Chih.



5.3.3 Campañas de medición

La base fundamental del estudio son las actividades de campo realizadas, tanto las preliminares de selección de sitios, como las enfocadas a la ejecución de mediciones. El cuadro 9 presenta las fechas en que se realizaron las mediciones en cada ciudad y en cada estación. Básicamente se realizaron visitas de 10 a 15 días, los primeros días, uno o dos de ellos, se realizaban labores administrativas, fundamentalmente acuerdos con los organismos operadores, en cuanto al apoyo de recursos humanos y materiales, y de gestión con los usuarios en donde se efectuaría la medición, adquisiciones de materiales y adecuación de equipos. Posteriormente, se dedicaban 2 o 3 días a la colocación de vertedores triangulares en registros domiciliarios y de vertedores rectangulares en los pozos de visita. Por último los restantes días consistían en la instalación de equipos medidores, lecturas de micromedidores domiciliarios, verificación del estado de los equipos y por último al retiro y limpieza de equipos y vertedores.

Cuadro 9. Períodos de medición en las ciudades en estudio

CIUDAD	ESTACIÓN	PERÍODO
CD. JUÁREZ, CHIH.	PRIMAVERA	19/05 AL 25/05 DE 1994
	VERANO	07/09 AL 14/09 DE 1994
	OTOÑO	08/10 AL 14/10 DE 1994
	INVIERNO	22/02 AL 28/02 DE 1994
LEÓN, GTO.	PRIMAVERA	03/06 AL 09/06 DE 1994
	VERANO	13/09 AL 21/09 DE 1994
	OTOÑO	18/10 AL 24/10 DE 1994
	INVIERNO	12/03 AL 18/03 DE 1994

El número de usuarios muestreado en cada caso se presenta en el acápite 5.1 correspondiente a la estimación del coeficiente de aportación, el error estándar asociado al tamaño de la muestra y la varianza de la población. Debe observarse que el número de usuarios varía en función de la cooperación que se tuvo por parte de los usuarios del distrito correspondiente.

5.3.4 Colocación de los vertedores en los pozos de visita de los distritos de control

Con la cooperación de personal de los organismos operadores, se verificaron las dimensiones de los pozos de visita en los puntos de concentración de los distritos control, con el fin de adaptar las dimensiones de las placas de los vertedores a las condiciones de cada uno de los pozos. Verificándose las dimensiones de la cresta de

los vertedores rectangulares antes de colocarlos en los pozos de visita de los distritos de control.

La colocación de los vertedores, se realizó con la siguiente metodología:

- a) Se obturó el pozo aguas arriba al seleccionado, con la finalidad de cortar el flujo de agua al pozo en el que se coloca el vertedor.
- b) Se procedió a la colocación del vertedor en el pozo de visita, nivelándose y fijándolo a las paredes del pozo, con cuñas de madera y sellando los espacios vacíos entre vertedor, paredes y piso del pozo con mastique.
- c) Se procedió a retirar el tapón del pozo anterior, efectuándose cuidadosamente, de tal forma que el agua detenida fuera escurriendo gradualmente hasta alcanzar las condiciones de flujo establecido, evitando así la formación de fenómenos hidráulicos tales como ondas de avenidas y sobrepresiones en la placa del vertedor.
- d) Después de quitar el tapón y esperar que se normalizara el flujo, se procedió a tomar la altura del nivel del agua, sirviendo esto como demostración, de la manera en que se toman las lecturas correspondientes; en presencia del personal de los organismos operadores asignado al estudio. Siendo de 2 horas y media el tiempo de colocación del vertedor en el pozo.

5.3.5 Colocación de los vertedores en los registros domiciliarios de los usuarios

En cada uno de los domicilios seleccionados, se tomaron las medidas de los registros para fabricar los vertedores triangulares correspondiente

La colocación de cada vertedor se realizó de la forma siguiente:

- a) Se solicitó al usuario que no descargara agua durante el tiempo en que se hacía la colocación de la placa del vertedor.
- b) Se limpió el registro de la descarga del usuario con agua y se tomaron las medidas del registro, anotándolas en la hoja de verificación de descargas domiciliarias.
- c) Se procedió a instalar la placa del vertedor en el registro domiciliario, nivelándose y fijándose con cuñas de madera y sellando los espacios vacíos entre vertedor, piso y paredes del registro con mastique.
- d) Después de colocado el vertedor, se procedió a medir su altura de nivel de piso con la cresta del vertedor anotándola en la hoja de verificación.
- e) Se notificó al usuario que podía usar el agua normalmente.
- f) Se esperó a que se llenara el volumen de aguas arriba del vertedor, después de lo cual se solicitó al usuario que usara una llave y que accionará una descarga del W.C.; observándose que al funcionar el vertedor los solidos en suspensión detenidos por la placa, son arrastrados por el flujo.
- g) El tiempo promedio de instalación fué de 1 hora aproximadamente.

5.4 Consumos de agua potable

Un resultado importante del estudio es la evaluación de los consumos de agua potable, se ha señalado que los consumos se midieron con micromedidores domiciliarios, previamente verificados en el taller de medidores del organismo, siendo muchos de ellos equipos nuevos, instalados ex-profeso para el estudio. Las lecturas se realizaron a cada 24 horas, presentándose los resultados en los cuadros 10 al 33.

5.5 Coeficientes de aportación

5.5.1 León, Gto.

El cuadro 34 presenta un resumen de los porcentajes de aportación medios, por distrito y por cada estación del año.

Cuadro 34. Porcentaje de Aportación promedio

CIUDAD	DISTRITO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
LEÓN	RESIDENCIAL	68 %	66 %	68 %	41 %
	MEDIA	73 %	65 %	72 %	51 %
	POPULAR	63 %	74 %	82 %	73 %

Los cuadros 35 al 46 presentan un resumen de los consumos, de los gastos de aportación y del coeficiente o porcentaje correspondiente por usuario y por estación de cada uno de los distritos analizados en León, Gto., presentándose al final de cada cuadro el consumo medio por distrito y por estación, y la dotación correspondiente en (m³/vivienda-día) calculada como 1.37 (porcentaje de pérdidas) por el consumo.

CUADRO 10

**PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
LEON, GTO. ESTACION PRIMAVERA
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO RESIDENCIAL**

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.540	0.748	1.000	1.200	1.000	0.500	4.99	0.831
2	1.500	1.210	0.900	1.810	1.400	1.730	8.55	1.425
3	1.010	0.400	0.600	0.400	3.300	0.740	6.45	1.075
4	0.500	0.650	0.930	0.650	0.210	0.480	3.42	0.570
5	0.160	0.010	1.170	0.040	0.780	0.002	2.16	0.360
6	0.690	0.300	0.640	0.978	0.966	0.777	4.35	0.725
7			0.310	0.210	0.430	0.304	1.25	0.314
8	1.010	0.310	0.170	0.310	0.600	0.310	2.71	0.452
9	0.990	1.010	2.480	2.010	3.410	1.400	11.30	1.883
10	0.240	0.300	0.980	0.130	0.510	0.240	2.40	0.400
							CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUA.	0.804
							VARIANZA	49.028%

CUADRO 12

**PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
CD. LEON, GTO. ESTACION OTONO
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE RESIDENCIAL**

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.959	0.555	0.100	0.543	2.138	0.328	4.623	0.771
2	0.895	1.058	0.273	0.594	0.497	0.694	4.011	0.669
3	0.575	0.964	0.529	1.006	0.718	0.558	4.350	0.725
4	0.030	0.050	0.298	0.741	0.468	0.340	1.927	0.321
5	2.150	1.556	1.878	2.142	2.594	2.888	13.208	2.201
6		4.026	2.165	3.471	3.336	0.630	13.628	2.726
7		2.259	0.564	2.452	0.321	0.451	6.047	1.209
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO EN M3/DIA/USUA.								1.232
VARIANZA								107.433%

CUADRO 13

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
LEON, GTO. ESTACION INVIERNO
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE RESIDENCIAL

MUESTRA	DIA I M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.750	0.680	1.100	0.680	0.480	0.470	4.16	0.693
2	1.450	0.860	0.710	0.980	0.900	1.300	6.20	1.033
3	1.300	0.390	0.558	0.450	0.770	0.330	3.80	0.633
4	0.670	0.750	1.600	0.960	0.470	1.280	5.73	0.955
5	1.400	0.200	1.040	0.540	0.360	1.640	5.18	0.863
6	0.760	1.060	0.580	0.670	0.870	1.300	5.24	0.873
7	0.500	0.870	1.600	0.350	0.420	0.380	4.12	0.687
8	0.740	0.610	0.510	0.490	0.640	0.430	3.42	0.570
9	0.310	1.200	0.490	0.980	1.870	1.100	5.95	0.992
10	0.360	0.450	0.820	0.440	0.480	0.360	2.91	0.485
11	0.670	1.600	0.380	0.670	0.910	0.330	4.560	0.760
12	0.680	0.380	1.400	1.210	0.840	0.560	5.070	0.845
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUA.							0.782	
VARIANZA							15.311%	

CUADRO 14

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO

LEON, GTO.

ESTACION PRIMAVERA

CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE MEDIA

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.670	0.291	0.653	0.300	0.930	0.565	3.409	0.568
2	0.380	0.448	0.610	0.400	0.426	0.670	2.934	0.489
3	0.500	0.156	0.337	1.105	0.483	0.750	3.331	0.555
4	0.408	0.296	0.266	0.325	0.719	0.392	2.406	0.401
5	0.420	0.580	0.630	0.350	0.450	0.360	2.790	0.465
6	0.356	0.388	0.295	1.164	0.393	0.360	2.956	0.493
7	0.680	0.196	0.319	0.870	0.130	0.410	2.605	0.434
8	0.929	0.400	0.273	0.421	0.176	0.345	2.544	0.424
9	0.300	0.280	0.222	0.300	0.390	0.310	1.802	0.300
10	0.791	0.852	0.222	0.300	0.390	0.310	2.865	0.477
11	0.750	0.150	0.900	0.218	0.329	0.490	2.837	0.473
12	0.710	0.610	0.400	0.315	0.200	0.350	2.585	0.431
13	0.342	0.136	0.268	0.405	0.411	0.296	1.858	0.310

CONSUMO MEDIO DEL

DISTR. M3/DIA/USUA.

0.448

VARIANZA

5.08%

CUADRO 15

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
LEON, GTO. ESTACION VERANO
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO MEDIA

MUESTRA	DIA 1	2	3	4	5	6	7	SUMA	PROMEDIO
1	0.970	0.630	0.970	0.490	0.620	1.110	0.280	5.070	0.724
2	0.100	0.510	0.610	0.410	0.830	0.490	0.230	3.180	0.454
3	0.620	0.900	1.300	0.130	1.440	0.710	1.090	6.190	0.884
4	0.120	0.714	0.621	0.190	0.260	1.180	0.120	3.205	0.458
5	0.200	1.100	0.450	0.540	1.360	0.320	0.550	4.520	0.646
6	0.400	0.321	0.358	1.890	0.260	0.090	0.330	3.649	0.521
7	0.120	0.457	0.631	0.330	0.710	0.210	0.100	2.558	0.365
8	0.010	0.621	0.465	0.410	0.280	0.090	0.110	1.986	0.284
9	0.230	0.684	0.612	0.270	0.440	1.250	0.340	3.826	0.547
10	0.120	0.810	0.841	0.720	0.570	0.500	0.510	4.071	0.582
11	0.387	0.362	0.789	0.600	0.700	0.200	0.300	3.338	0.477
12	0.100	0.265	0.651	0.500	0.900	0.700	0.200	3.316	0.474
13	0.130	0.864	0.321	0.753	1.400	1.000	0.100	4.568	0.653
14	0.100	0.741	0.741	0.486	0.500	0.400	0.486	3.454	0.493
15	0.300	0.398	0.136	0.615	1.000	0.257	0.200	2.906	0.415
16	0.290	0.500	1.100	0.220	0.120	0.634	0.260	3.124	0.446
17	0.530	0.412	0.635	0.400	0.300	0.420	0.800	3.497	0.500
18	0.100	0.368	0.593	0.700	0.700	0.300	0.200	2.961	0.423
19	0.300	0.580	0.562	1.030	0.680	0.170	0.389	3.711	0.530
20	0.200	1.000	0.624	0.540	0.190	0.485	0.100	3.139	0.448
21	0.200	1.122	0.864	0.150	1.080	1.380	0.379	5.175	0.739

CONSUMO MEDIO EN EL
DISTRITO M3/DIA/USUA.
VARIANZA

0.527

11.990%

CUADRO 16

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
LEON, GTO. ESTACION OTONO
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO MEDIA

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.473	0.031	0.160	1.154	0.247	0.235	0.030	2.330	0.333
2	0.630	0.094	0.082	0.576	0.000	0.064	0.838	2.284	0.326
3	0.572	0.341	0.341	0.386	0.193	0.193	0.572	2.599	0.371
4	2.169	0.119	0.630	1.233	0.356	0.450	0.754	5.711	0.816
5	0.464	0.048	0.098	0.909	0.621	0.098	0.729	2.967	0.424
6	0.936	0.008	0.468	0.524	0.470	0.680	0.794	3.880	0.554
7	0.569	0.005	0.384	0.310	0.211	0.496	1.088	3.063	0.438
8	0.218	0.087	0.251	0.141	0.365	0.536	0.496	2.094	0.299
CONSUMO MEDIO EN EL DISTRITO M3/DIA/USUA.									0.445
VARIANZA									14.66%

CUADRO 17

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
LEON, GTO. ESTACION INVIERNO
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE MEDIA

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.765	1.020	0.457	0.268	0.745	0.645	3.90	0.650
2	0.315	0.781	0.456	0.367	0.568	0.975	3.46	0.577
3	0.668	0.991	0.573	0.783	0.347	0.668	4.03	0.672
4	0.598	0.943	0.486	0.557	0.661	0.238	3.48	0.581
5	0.245	0.514	0.457	0.351	0.387	0.567	2.52	0.420
6	0.136	0.267	0.158	0.339	0.278	0.614	1.79	0.299
7	0.680	0.457	0.368	0.514	0.416	0.614	3.05	0.508
8	0.929	1.300	0.584	0.623	0.741	0.871	5.05	0.841
9	0.300	0.198	0.265	0.347	0.451	0.296	1.86	0.309
10	0.791	0.325	0.487	0.396	0.471	0.547	3.02	0.503
11	0.750	0.579	0.462	0.638	0.739	0.416	3.58	0.597
12	0.710	0.614	0.491	0.468	0.387	0.514	3.18	0.531
13	0.342	0.125	0.549	0.476	0.387	0.657	2.54	0.423

CONSUMO MEDIO DEL DISTR. M3/DIA/USUA.	0.532
VARIANZA	5.00%

CUADRO 18

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 LEON, GTO. ESTACION PRIMAVERA
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE POPULAR

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	1.350	0.700	0.450	0.784	0.649	0.649	4.582	0.764
2	0.130	0.130	0.004	0.130	0.108	0.037	0.539	0.090
3	0.700	0.617	1.000	0.617	0.159	1.463	4.556	0.759
4	0.430	0.350	0.301	0.350	0.288	0.377	2.096	0.349
5	0.400	0.410	0.500	0.410	0.430	0.350	2.500	0.417
6	0.400	0.978	0.640	0.978	0.966	0.777	4.739	0.790
7	0.100	0.110	0.310	0.110	0.230	0.304	1.164	0.194
8	0.300	0.460	1.430	0.460	0.720	0.750	4.120	0.687
9	0.500	0.500	0.640	0.500	0.270	0.490	2.900	0.483
10	0.150	0.201	0.200	0.201	0.240	0.280	1.272	0.212
11	0.070				0.119	0.538	0.727	0.242

CONSUMO MEDIO DEL
 DISTRITO M3/DIA/USUARIO 0.453

VARIANZA 103.97%

CUADRO 21

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
LEON, GTO. ESTACION INVIERNO
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO POPULAR

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.600	0.580	0.530	0.490	0.450	0.620	0.600	3.870	0.553
2	1.537	1.052	1.090	0.921	0.366	0.850	1.200	7.016	1.002
3	0.773	0.650	0.340	0.853	0.184	0.330	0.300	3.430	0.490
4	0.350	1.394	0.574	0.360	0.180	0.240	0.656	3.754	0.536
5	0.452	0.750	0.370	0.250	0.855	0.305	0.687	3.669	0.524
6	0.370	0.960	1.048	0.753	1.082	0.743	0.348	5.304	0.758
7	0.580	1.425	0.348	0.770	0.200	0.382	0.570	4.275	0.611
8	1.702	0.830	0.216	0.570	0.260	1.785	0.732	6.095	0.871
9	1.125	0.760	1.080	0.942	1.640	1.230	0.977	7.754	1.108
10	0.600	0.650	1.140	0.191	0.211	0.210	0.620	3.622	0.517
11	0.550	0.646	0.807	0.195	1.120	0.639	0.423	4.380	0.626
12	0.610	0.995	0.015	0.368	0.110	0.255	0.810	3.163	0.452
13	0.570	0.530	0.820	0.370	0.890	0.180	0.150	3.510	0.501
14	0.040	0.125	0.250	0.260	0.020	0.250	0.600	1.545	0.221
15	1.083	1.450	1.170	0.780	0.160	0.700	0.820	6.163	0.880
16	0.252	0.260	0.275	0.380	0.380	0.413	0.250	2.210	0.316
17	0.465	0.550	0.105	0.650	0.360	0.550	0.055	2.735	0.391
18	0.272	0.450	0.455	0.690	0.450	0.440	0.492	3.249	0.464
19	0.550	0.300	0.450	0.290	0.350	0.750	0.450	3.140	0.449
CONSUMO MEDIO EN EL DISTRITO EN M3/DIA/USUARIO									0.593
VARIANZA									181.698%

CUADRO 22

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ CHIH. ESTACION PRIMAVERA
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO RESIDENCIAL

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	1.740	0.888	0.902	0.351	0.709	1.406	0.496	6.492	0.927
2	0.782	1.487	1.393	1.419	1.086	1.052	1.583	8.802	1.257
3	2.268	0.845	2.193	0.681	0.938	1.759	0.795	9.479	1.354
4	0.864	1.684	0.672	0.742	1.359	0.934	0.697	6.952	0.993
5	1.156	1.248	1.775	0.932	0.826	2.068	1.521	9.526	1.361
6	0.980	0.458	0.674	0.421	1.158	0.857	0.682	5.230	0.747
7	1.657	0.645	0.869	3.286	0.753	1.316	0.927	9.453	1.350
8	0.790	0.740	1.660	0.980	0.642	1.348	0.682	6.842	0.977
9	1.215	2.159	0.611	2.115	0.784	1.492	1.124	9.500	1.357
10	0.630	1.732	1.396	0.740	1.813	0.569	0.661	7.541	1.077
11	1.186	0.670	1.666	1.809	0.738	0.594	1.038	7.701	1.100
12	0.550	0.420	1.240	0.548	1.089	0.462	1.498	5.807	0.830
13	0.783	1.847	0.385	1.165	0.807	0.483	1.608	7.078	1.011
14	0.706	0.864	0.557	0.528	0.638	2.116	0.591	6.000	0.857
15	2.415	0.715	1.268	0.777	1.233	0.368	0.762	7.538	1.077
16	0.562	0.873	0.711	1.932	0.688	0.479	1.495	6.740	0.963
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUARIO									1.08
VARIANZA									29.020%

CUADRO 23

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION VERANO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE RESIDENCIAL

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	1.941	2.865	4.408	0.937	2.450	4.818	2.430	19.849	2.836
2	1.478	24.602	1.388	1.317	2.601	1.684	1.543	34.613	4.945
3	3.663	7.895	7.032	2.118	4.150	43.580	2.225	70.663	10.095
4	1.231	0.858	0.530	1.642	0.888	1.359	4.171	10.679	1.526
5	0.310	3.674	0.199	1.944	0.975	0.945	0.644	8.691	1.242
6	1.079	12.256	2.350	0.650	1.330	2.572	1.374	21.611	3.087
7	2.710	4.523	4.892	2.870	5.318	9.804	4.596	34.713	4.959
8	2.159	1.038	1.910	2.344	2.046	1.852	0.968	12.317	1.760

CONSUMO MEDIO DEL
 DISTRITO M3/DIA/USUA.

3.806

VARIANZA

4235.390%

CUADRO 24

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION OTONO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE RESIDENCIAL

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	2.700	1.140	1.779	0.396	1.073	1.141	0.921	9.150	1.307
2	3.448	5.145	1.396	2.594	0.987	3.803	5.750	23.123	3.303
3	2.505	9.035	4.518	2.259	2.259	2.520	3.000	26.095	3.728
4	4.035	2.018	1.009	0.504	0.252	0.126	0.126	8.070	1.153
5	2.322	0.078	1.625	2.532	0.083	0.213	0.637	7.490	1.070
6	1.137	2.177	1.680	5.130	13.241	1.414	1.414	26.194	3.742
7	3.783	8.485	5.257	6.074	6.734	5.033	5.534	40.900	5.843
8	2.110	1.905	0.985	2.640	3.220	1.305	1.830	13.995	1.999

CONSUMO MEDIO DEL
 DISTRITO M3/DIA/USUA.

2.768

VARIANZA

657.893%

CUADRO 25

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ CHIH. ESTACION INVIERNO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO RESIDENCIAL

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.456	0.687	0.958	1.167	0.888	0.964	1.350	6.47	0.924
2	0.823	1.267	1.458	0.678	1.473	0.489	0.369	6.56	0.937
3	1.100	0.874	0.984	0.687	1.350	2.067	0.951	8.01	1.145
4	0.684	1.680	0.125	1.690	0.698	0.756	0.842	6.48	0.925
5	0.394	0.746	2.150	0.695	1.540	1.360	0.547	7.43	1.062
6	0.189	1.736	0.954	0.786	0.742	2.368	1.500	8.28	1.182
7	0.758	0.698	1.260	1.400	1.100	0.784	1.680	7.68	1.097
8	0.648	0.264	0.111	0.684	2.460	1.720	0.784	6.67	0.953
9	0.958	1.230	1.470	0.879	0.899	0.795	0.640	6.87	0.982
10	0.298	0.470	0.940	1.600	0.470	1.970	0.780	6.53	0.933
11	0.267	1.400	1.100	1.280	1.600	0.970	0.806	7.42	1.060
12	0.863	0.598	0.784	1.300	1.572	1.610	1.020	7.75	1.107
13	0.715	1.060	1.350	1.260	1.400	0.870	0.940	7.60	1.085
14	0.458	0.869	0.994	1.320	1.080	1.167	1.068	6.96	0.994
15	0.569	1.457	0.326	1.380	0.926	1.214	1.543	7.42	1.059
16	0.768	0.267	0.871	0.698	1.346	0.956	0.864	5.77	0.824
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUA.									1.017
VARIANZA									21.803%

CUADRO 26

**PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION PRIMAVERA
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE MEDIA**

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.968	1.436	1.039	0.928	0.982	0.931	0.811	7.095	1.014
2	0.802	0.397	0.537	1.867	3.862	0.371	0.965	8.801	1.257
3	0.616	0.678	0.796	1.068	0.659	0.781	1.204	5.802	0.829
4	0.597	0.428	0.816	0.765	1.396	0.809	1.286	6.097	0.871
5	0.305	0.807	0.298	0.562	1.282	0.623	1.229	5.106	0.729
6	1.467	1.348	2.339	0.347	0.637	0.438	0.218	6.794	0.971
7	0.547	1.206	0.732	1.182	0.978	1.286	1.564	7.495	1.071
8	0.619	0.498	1.046	1.953	0.757	0.830	0.829	6.532	0.933
9	1.203	2.347	3.111	2.649	2.487	4.762	1.435	17.994	2.571
10	0.246	0.216	0.326	0.228	0.367	0.209	0.110	1.702	0.243
11	0.437	0.467	0.607	0.527	0.316	0.621	0.926	3.901	0.557
12	0.671	1.035	1.588	1.223	1.064	1.284	0.224	7.089	1.013
13	1.235	1.886	0.389	0.524	0.786	0.538	1.544	6.902	0.986
14	1.056	0.771	1.158	0.994	0.913	3.561	1.745	10.198	1.457
15	1.208	1.638	2.136	1.589	3.352	2.398	1.375	13.696	1.957
16	0.768	2.146	2.523	1.687	1.928	0.638	1.607	11.297	1.614

CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUARIOS	1.13
VARIANZA	65.90%

CUADRO 27

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION VERANO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE MEDIA

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	1.039	1.234	2.197	0.736	1.567	1.155	2.197	10.125	1.446
2	1.350	1.175	0.777	0.213	0.490	0.308	0.482	4.795	0.685
3	2.701	3.441	3.167	2.093	3.595	2.609	2.286	19.892	2.842
4	1.410	1.942	1.445	1.186	1.880	1.792	1.570	11.225	1.604
5	1.754	1.358	1.934	0.791	0.625	1.370	1.058	8.890	1.270
6	1.572	3.008	2.008	1.909	6.325	2.108	10.122	27.052	3.865
7	1.029	3.136	1.315	0.863	3.237	0.735	1.910	12.225	1.746
8	2.800	2.697	3.329	2.104	5.315	3.913	5.592	25.750	3.679
9	0.772	1.210	1.369	2.079	1.912	1.568	0.920	9.830	1.404
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUA.								2.060	
VARIANZA								250.936%	

CUADRO 28

**PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION OTONO
CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE MEDIA**

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.331	0.904	0.475	1.548	1.978	1.079	1.235	7.550	1.079
2	0.470	1.180	0.575	0.268	0.113	0.200	0.172	2.978	0.425
3	1.918	1.947	0.510	9.070	4.338	3.342	4.410	25.535	3.648
4	1.244	2.824	1.825	0.912	1.934	1.319	1.304	11.362	1.623
5	2.148	1.538	0.769	0.385	0.385	5.128	5.128	15.480	2.211
6	0.405	0.730	2.197	1.099	0.549	0.275	0.275	5.529	0.790
7	1.673	0.241	2.521	1.261	0.630	0.315	0.315	6.956	0.994
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUA									1.539
VARIANZA									276.715%

CUADRO 29

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION INVIERNO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE MEDIA

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	1.025	1.453	1.125	0.981	0.916	0.842	0.759	7.101	1.014
2	0.796	0.435	0.526	1.958	3.889	0.304	0.889	8.797	1.257
3	0.603	0.715	0.837	1.166	0.619	0.764	1.098	5.802	0.829
4	0.626	0.387	0.779	0.846	1.389	0.835	1.236	6.098	0.871
5	0.286	0.798	0.365	0.547	1.309	0.601	1.197	5.103	0.729
6	1.415	1.347	2.247	0.358	0.758	0.482	0.190	6.797	0.971
7	0.519	1.235	0.703	1.234	1.065	1.233	1.511	7.500	1.071
8	0.635	0.518	0.984	1.944		0.786	0.733	5.600	0.933
9	1.245	2.357	3.158	2.607	2.316	4.896	1.416	17.995	2.571
10	2.240	0.210	0.365	0.195	0.476	0.186	0.129	3.801	0.543
11	0.468	0.415	0.601	0.557	0.346	0.499	1.016	3.902	0.557
12	0.654	0.715	0.895	1.268	1.138	0.851	0.780	6.301	0.900
13	1.145	1.867	0.376	0.582	0.845	0.534	1.551	6.900	0.986
14	0.987	0.755	1.035	1.037	0.946	3.684	1.756	10.200	1.457
15	1.135	1.634	2.046	1.638	3.588	2.460	1.201	13.702	1.957
16	0.735	2.018	2.567	1.637	2.264	0.607	1.467	11.295	1.614

CONSUMO MEDIO DEL
 DISTRITO M3/DIA/USUA. 1.141
 VARIANZA 68.599%

CUADRO 30

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ CHIH. ESTACION PRIMAVERA
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO POPULAR

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.174	0.198	0.172	0.791	0.804	0.778	0.936	3.853	0.560
2	1.537	1.052	1.896	0.921	0.366	2.853	2.003	10.628	1.518
3	0.773	0.650	0.340	0.853	0.184	0.330	0.300	3.430	0.490
4	0.350	1.394	0.574	0.360	0.180	0.240	0.656	3.754	0.536
5	0.452	0.750	0.370	0.250	0.855	0.305	0.687	3.669	0.524
6	0.370	0.960	1.048	0.753	1.082	0.743	0.348	5.304	0.758
7	0.580	1.425	0.348	0.770	0.200	0.382	0.364	4.069	0.581
8	1.702	0.830	0.216	0.570	0.260	1.785	0.732	6.095	0.871
9	1.125	0.760	1.080	0.942	1.640	1.230	0.977	7.754	1.108
10	0.210	0.188	1.140	0.191	0.211	0.210	0.361	2.511	0.359
11	0.294	0.646	0.807	0.195	2.206	0.639	0.423	5.210	0.744
12	1.310	0.995	0.015	0.368	0.110	0.255	0.810	3.863	0.552
13	0.570	0.530	0.820	0.370	0.890	0.018	0.150	3.348	0.478
14	0.190	0.125	0.250	0.260	0.160	0.270	0.210	1.465	0.209
15	1.083	1.450	2.710	0.780	0.160	0.700	0.820	7.703	1.100
16	0.252	0.260	0.275	0.380	0.380	0.413	0.250	2.210	0.316
17	0.465	0.145	0.105	0.250	0.360	0.185	0.150	1.660	0.237
18	0.272	0.520	0.455	0.690	0.060	0.440	0.492	2.929	0.418
19	0.120	0.300	0.230	0.290	0.020	0.120	0.100	1.180	0.169
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUA.									0.606
VARIANZA									27.158%

CUADRO 31

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ CHIH. ESTACION VERANO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO POPULAR

MUESTRA	DIA 1	2	3	4	5	6	7	SUMA	PROMEDIO
	M3	M3							
1	0.353	1.032	1.673	0.651	0.530	1.578	0.570	6.387	0.912
2	0.500	0.450	0.476	0.639	0.595	0.265	0.390	3.315	0.474
3	0.764	1.908	0.686	0.811	1.423	1.395	0.600	7.587	1.084
4	0.202	3.613	0.335	2.664	2.499	1.500	4.050	14.863	2.123
5	0.314	0.769	3.232	1.312	0.608	0.577	0.453	7.265	1.038
6	0.955	1.733	2.006	0.415	1.194	1.174	0.827	8.304	1.186
7	0.357	0.297	0.638	0.309	0.213	0.345	0.390	2.549	0.364
8	0.089	0.452	0.324	0.191	0.417	0.285	0.177	1.935	0.276
9	0.100	1.958	0.895	0.406	2.071	0.635	0.407	6.472	0.925
10	0.462	0.006	0.079	0.455	0.610	0.293	0.107	2.012	0.287
11	0.746	0.259	0.438	0.745	1.352	0.175	0.179	3.894	0.556
12	1.443	0.564	0.474	0.610	0.497	0.030	1.956	5.574	0.796
13	0.640	2.480	1.095	0.765	2.310	0.994	1.696	9.98	1.426
14	0.711	0.310	0.594	0.205	0.895	0.409	0.241	3.365	0.481
CONSUMO MEDIO EN EL DISTRITO M3/DIA/USUA.									0.852
VARIANZA									61.643%

CUADRO 32

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ CHIH. ESTACION OTONO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO POPULAR

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.486	1.049	0.523	0.786	0.826	0.776	0.550	4.996	0.714
2	0.407	0.461	0.757	0.530	0.378	0.373	0.525	3.433	0.490
3	1.018	1.054	0.736	0.575	0.828	0.465	0.863	5.539	0.791
4	0.815	0.473	1.486	0.616	0.668	1.649	1.687	7.394	1.056
5	0.554	0.901	1.082	1.041	0.531	0.867	0.872	5.848	0.835
6	1.108	0.389	0.478	0.871	1.022	0.549	0.790	5.206	0.744
7	0.398	0.390	0.520	0.383	0.583	0.516	0.503	3.294	0.471
8	0.609	0.610	0.602	0.403	0.599	0.402	0.454	3.680	0.526
9	0.532	0.969	1.025	1.036	0.870	1.048	0.536	6.015	0.859
10	0.490	0.469	0.387	0.483	0.443	0.460	0.487	3.219	0.460
11	0.665	0.429	0.646	0.607	0.428	0.731	0.443	3.949	0.564
12	0.697	0.877	0.756	0.950	0.484	0.850	0.692	5.307	0.758
13	0.575	0.654	0.392	0.950	0.892	0.727	1.168	5.359	0.766
14	0.711	0.396	0.697	0.533	0.450	0.547	0.432	3.767	0.538
CONSUMO MEDIO EN EL DISTRITO M3/DIA/USUA.									0.684
VARIANZA									7.271%

CUADRO 33

PROYECTO DE APORTACIONES EN ALCANTARILLADO
 CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION INVIERNO
 CONSUMOS DE AGUA POTABLE EN EL DISTRITO CLASE POPULAR

MUESTRA	DIA 1 M3	2 M3	3 M3	4 M3	5 M3	6 M3	7 M3	SUMA M3	PROMEDIO M3
1	0.174	0.198	0.172	0.791	0.804	0.778	0.936	3.853	0.550
2	1.537	1.052	1.896	0.921	0.366	2.853	2.003	10.628	1.518
3	0.773	0.650	0.340	0.853	0.184	0.330	0.300	3.430	0.490
4	0.350	1.394	0.574	0.360	0.180	0.240	0.656	3.754	0.536
5	0.452	0.750	0.370	0.250	0.855	0.305	0.687	3.669	0.524
6	0.370	0.960	1.048	0.753	1.082	0.743	0.348	5.304	0.758
7	0.580	1.425	0.348	0.770	0.200	0.382	0.364	4.069	0.581
8	1.702	0.830	0.216	0.570	0.260	1.785	0.732	6.095	0.871
9	1.125	0.760	1.080	0.942	1.640	1.230	0.977	7.754	1.108
10	0.210	0.188	1.140	0.191	0.211	0.210	0.361	2.511	0.359
11	0.294	0.646	0.807	0.195	1.206	0.639	0.423	4.210	0.601
12	1.310	0.995	0.350	0.368	0.110	0.255	0.810	4.198	0.600
13	0.570	0.530	0.820	0.370	0.890	0.018	0.150	3.348	0.478
14	0.040	0.125	0.250	0.260	0.020	0.025		0.720	0.120
15	1.083	1.450	2.710	0.780	0.160	0.700	0.820	7.703	1.100
16	0.252	0.260	0.275	0.380	0.380	0.413	0.250	2.210	0.316
17	0.465	0.145	0.105	0.250	0.360	0.185	0.055	1.565	0.224
18	0.272	0.520	0.455	0.690	0.060	0.440	0.492	2.929	0.418
19	0.020	0.300	0.020	0.290	0.020	0.455	0.005	1.110	0.159
CONSUMO MEDIO DEL DISTRITO M3/DIA/USUA. VARIANZA									0.595 25.974%

Cuadro 35. Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Primavera)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.831	0.359	43.19
2	1.425	1.213	85.12
3	1.075	0.741	68.89
4	0.570	0.366	64.27
5	0.360	0.270	75.00
6	0.725	0.607	83.75
7	0.314	0.217	68.99
8	0.452	0.280	61.93
9	1.883	1.096	52.22

Consumo medio: 0.804 m³/vivienda-día
 Dotación: 1.162 m³/vivienda-día
 Aportación media: 68 %

Cuadro 36. Aportación de la clase media de León, Gto. (Primavera)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.568	0.39	76.44
2	0.489	0.31	67.60
3	0.555	0.37	74.44
4	0.401	0.33	82.69
5	0.465	0.41	89.79
6	0.493	0.28	69.02
7	0.434	0.30	82.38
8	0.424	0.32	82.46
9	0.300	0.25	82.95
10	0.477	0.23	49.53
11	0.473	0.25	55.37
12	0.431	0.24	55.81
13	0.310	0.23	76.86

Consumo medio: 0.448 m³/vivienda-día
 Dotación media: 0.61 m³/vivienda-día
 Aportación media: 73 %

Cuadro 37. Aportación de la clase popular de León, Gto. (Primavera)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.764	0.342	44.8
2	0.090	0.048	51.6
3	0.759	0.383	50.4
4	0.349	0.303	86.8
5	0.417	0.273	65.5
6	0.790	0.344	43.6
7	0.194	0.171	88.3
8	0.687	0.457	66.6
9	0.483	0.246	51.0
10	0.212	0.128	60.2
11	0.242	0.213	88.2

Consumo medio: 0.453 m³/vivienda-díaDotación: 0.621 m³/vivienda-día

Aportación media: 63 %

Cuadro 38. Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Verano)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	1.266	0.861	68
2	0.892	0.553	62
3	4.378	2.539	58
4	0.811	0.592	73
5	1.038	0.737	71
6	0.513	0.298	58
7	2.643	1.903	72

Consumo medio: 1.649 m³/vivienda-díaDotación: 2.259 m³/vivienda-día

Aportación media: 66 %

Cuadro 39. Aportación de la clase media de León, Gto. (Verano)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	0.724	0.454	62.7
2	0.454	0.269	59.2
3	0.884	0.513	58.0
4	0.458	0.303	66.2
5	0.646	0.501	77.6
6	0.521	0.299	57.4
7	0.365	0.201	55.1
8	0.284	0.180	63.3
9	0.547	0.384	70.2
10	0.582	0.300	51.6
11	0.477	0.276	57.9
12	0.474	0.386	81.4
13	0.653	0.381	58.4
14	0.493	0.396	80.3
15	0.415	0.252	60.8
16	0.446	0.276	61.8
17	0.500	0.242	48.5
18	0.423	0.242	57.3
19	0.530	0.513	96.8
20	0.448	0.373	83.2
21	0.739	0.434	58.7

Consumo medio: 0.527 m³/vivienda-día
 Dotación: 0.721 m³/vivienda-día
 Aportación media: 65 %

Cuadro 40. Aportación de la clase popular de León, Gto. (Verano)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	1.220	1.064	87.2
2	0.487	0.271	55.7
3	0.280	0.248	88.7
4	0.764	0.464	60.7
5	0.384	0.275	71.6
6	1.081	0.691	63.9
7	0.496	0.448	90.3

Consumo medio: 0.673 m³/vivienda-díaDotación: 0.922 m³/vivienda-día

Aportación media: 74 %

Cuadro 41. Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Otoño)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	0.771	0.532	69
2	0.669	0.408	61
3	0.725	0.413	57
4	0.321	0.244	76
5	2.201	1.629	74
6	2.726	1.690	62
7	1.209	0.943	78

Consumo medio: 1.232 m³/vivienda-díaDotación: 1.687 m³/vivienda-día

Aportación media: 68 %

Cuadro 42. Aportación de la clase media de León, Gto. (Otoño)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	0.333	0.251	75.4
2	0.326	0.261	79.8
3	0.371	0.241	64.9
4	0.816	0.638	78.2
5	0.424	0.319	75.2
6	0.554	0.318	57.4
7	0.438	0.326	74.5
8	0.299	0.211	70.6

Consumo medio: 0.445 m³/vivienda-día
 Dotación: 0.609 m³/vivienda-día
 Aportación media: 72 %

Cuadro 43. Aportación de la clase popular de León, Gto. (Otoño)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	1.523	1.378	90.5
2	0.537	0.335	62.3
3	0.268	0.248	92.4
4	0.764	0.644	84.3
5	0.463	0.410	88.7
6	1.419	0.958	67.5
7	0.528	0.467	88.5

Consumo medio: 0.786 m³/vivienda-día
 Dotación: 1.077 m³/vivienda-día
 Aportación media: 82 %

Cuadro 44. Aportación de la clase residencial de León, Gto. (Invierno)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.693	0.309	44.5
2	1.033	0.419	40.5
3	0.633	0.317	50.0
4	0.955	0.345	36.17
5	0.863	0.304	35.17
6	0.873	0.396	45.33
7	0.687	0.272	39.67
8	0.570	0.247	43.33
9	0.992	0.395	39.83
10	0.485	0.214	44.17
11	0.760	0.267	35.17
12	0.845	0.323	38.17

Consumo medio: 0.782 m³/vivienda-día
 Dotación: 1.07 m³/vivienda-día
 Aportación media: 41 %

Cuadro 45. Aportación de la clase media de León, Gto. (Invierno)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.650	0.349	53.7
2	0.577	0.330	57.17
3	0.672	0.326	48.48
4	0.581	0.249	42.92
5	0.420	0.205	48.77
6	0.299	0.171	57.30
7	0.508	0.268	52.42
8	0.841	0.418	49.72
9	0.310	0.154	49.72
10	0.503	0.282	56.10
11	0.597	0.290	48.55
12	0.531	0.229	43.07
13	0.423	0.235	55.63

Consumo medio: 0.532 m³/vivienda-día
 Dotación: 0.728 m³/vivienda-día
 Aportación media: 51 %

Cuadro 46. Aportación de la clase popular de León, Gto. (Invierno)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	0.553	0.380	68.71
2	1.002	0.707	70.51
3	0.490	0.346	70.55
4	0.536	0.435	81.17
5	0.524	0.402	76.62
6	0.758	0.527	69.56
7	0.611	0.456	74.66
8	0.871	0.606	69.64
9	1.108	0.802	72.43
10	0.517	0.283	54.65
11	0.626	0.450	71.87
12	0.452	0.343	75.86
13	0.501	0.439	87.50
14	0.221	0.186	84.16
15	0.880	0.591	67.09
16	0.316	0.226	71.70
17	0.391	0.268	68.49
18	0.464	0.343	73.85
19	0.449	0.350	77.92

Consumo medio: 0.593 m³/vivienda-día
 Dotación: 0.813 m³/vivienda-día
 Aportación media: 73 %

5.5.2 Cd. Juárez, Chih.

El cuadro 47 presenta un resumen de los porcentajes de aportación medios, por distrito y por cada estación del año.

Cuadro 47. Porcentaje de Aportación promedio

CIUDAD	DISTRITO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
CD. JUÁREZ	RESIDENCIAL	57 %	67 %	65 %	38 %
	MEDIA	50 %	75 %	73 %	41 %
	POPULAR	61 %	77 %	71 %	67 %

Los cuadros 48 al 59 presentan un resumen de los gastos de aportación y del coeficiente o porcentaje correspondiente por usuarios, por estación de cada uno de los distritos analizados en Cd. Juárez.

Cuadro 48. Aportación de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih. (Primavera)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda/día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.927	0.402	43.4
2	1.257	0.542	43.1
3	1.354	0.690	51.0
4	0.993	0.488	49.1
5	1.361	0.675	49.6
6	0.747	0.423	56.7
7	1.350	0.618	45.8
8	0.977	0.529	54.1
9	1.357	0.765	56.4
10	1.077	0.565	52.5
11	1.100	0.728	66.2
12	0.830	0.630	75.9
13	1.011	0.525	51.9
14	0.857	0.630	73.5
15	1.077	0.875	81.2
16	0.983	0.698	61.9

Consumo medio: 1.080 m³/vivienda-día
 Dotación: 1.479 m³/vivienda-día
 Aportación media: 57 %

Cuadro 49. Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Primavera)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	1.014	0.549	54.1
2	1.257	0.807	64.2
3	0.829	0.539	65.0
4	0.871	0.398	45.7
5	0.729	0.407	55.9
6	0.971	0.522	53.8
7	1.071	0.402	37.6
8	0.933	0.446	47.8
9	2.571	1.374	53.4
10	0.243	0.090	37.0
11	0.557	0.248	44.6
12	1.013	0.386	38.1
13	0.986	0.494	50.2
14	1.457	0.803	55.1
15	1.957	0.984	50.3
16	1.614	0.766	47.4

Consumo medio: 1.129 m³/vivienda-día
 Dotación: 1.547 m³/vivienda-día
 Aportación media: 50 %

Cuadro 50. Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Primavera)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.550	0.402	73.0
2	1.518	0.482	31.7
3	0.490	0.194	39.7
4	0.536	0.516	96.2
5	0.524	0.216	41.1
6	0.758	0.459	60.5
7	0.581	0.514	88.5
8	0.871	0.568	65.2
9	1.108	0.559	50.4
10	0.359	0.261	72.7
11	0.744	0.116	15.6
12	0.552	0.437	79.3
13	0.478	0.174	36.4
14	0.209	0.152	72.9
15	1.100	0.859	78.1
16	0.316	0.257	81.5
17	0.237	0.126	53.0
18	0.418	0.187	44.7
19	0.169	0.132	78.5

Consumo medio: 0.606 m³/vivienda-díaDotación: 0.830 m³/vivienda-día

Aportación media: 61 %

Cuadro 51. Aportación de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih. (Verano)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	2.836	2.044	72.1
2	4.945	3.303	66.8
3	10.095	6.148	60.9
4	1.526	1.245	81.6
5	1.242	0.700	56.4
6	3.087	1.704	55.2
7	4.959	3.392	68.4
8	1.760	1.316	74.8

Consumo medio: 3.806 m³/vivienda-día
 Dotación: 5.214 m³/vivienda-día
 Aportación media: 67 %

Cuadro 52. Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Verano)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	1.446	1.119	77.4
2	0.685	0.473	69.1
3	2.842	1.634	57.5
4	1.604	1.432	89.3
5	1.270	1.100	86.6
6	3.865	2.620	67.8
7	1.746	1.453	83.2
8	3.679	2.553	69.4
9	1.404	1.048	74.6

Consumo medio: 2.06 m³/vivienda-día
 Dotación: 2.822 m³/vivienda-día
 Aportación media: 75 %

Cuadro 53. Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Verano)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	0.912	0.814	89.2
2	0.474	0.306	64.7
3	1.084	0.988	91.2
4	2.123	1.767	83.2
5	1.038	0.713	68.7
6	1.186	0.750	63.2
7	0.364	0.243	66.8
8	0.276	0.234	84.7
9	0.925	0.709	76.7
10	0.287	0.211	73.5
11	0.556	0.416	74.7
12	0.796	0.682	85.6
13	1.426	1.045	73.3
14	0.481	0.399	83.1

Consumo medio: 0,852 m³/vivienda-día
 Dotación: 1,167 m³/vivienda-día
 Aportación media: 77 %

Cuadro 54. Aportación de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih. (Otoño)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	1.307	0.872	66.7
2	3.303	2.124	64.3
3	3.728	2.267	60.8
4	1.153	0.880	76.3
5	1.070	0.567	53.0
6	3.742	2.118	56.5
7	5.843	3.377	57.8
8	1.999	1.691	84.6

Consumo medio: 2.768 m³/vivienda-díaDotación: 3.792 m³/vivienda-día

Aportación media: 65 %

Cuadro 55. Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Otoño)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	1.079	0.804	74.5
2	0.425	0.292	68.6
3	3.648	2.039	55.9
4	1.623	1.308	80.6
5	2.211	1.893	85.6
6	0.780	0.484	61.3
7	0.994	0.839	84.4

Consumo medio: 1.539 m³/vivienda-díaDotación: 2.108 m³/vivienda-día

Aportación media: 73 %

Cuadro 56. Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Otoño)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumos	Descargas	
1	0.714	0.545	76.3
2	0.490	0.334	68.2
3	0.791	0.639	80.7
4	1.056	0.889	84.2
5	0.835	0.558	66.8
6	0.744	0.444	59.7
7	0.471	0.298	63.4
8	0.526	0.394	74.9
9	0.859	0.607	70.6
10	0.460	0.301	65.4
11	0.564	0.394	69.8
12	0.758	0.594	78.3
13	0.766	0.460	60.0
14	0.538	0.406	75.5

Consumo medio: 0.684 m³/vivienda-díaDotación: 0.937 m³/vivienda-día

Aportación media: 71 %

Cuadro 57. Aportación de la clase residencial de Cd. Juárez, Chih. (Invierno)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.924	0.388	42.0
2	0.937	0.419	44.7
3	1.145	0.358	31.3
4	0.925	0.298	32.2
5	1.062	0.628	59.2
6	1.182	0.632	53.4
7	1.097	0.327	29.8
8	0.953	0.273	28.6
9	0.982	0.293	29.9
10	0.933	0.312	33.5
11	1.060	0.428	40.3
12	1.107	0.356	32.2
13	1.085	0.474	43.7
14	0.994	0.415	41.7
15	1.059	0.449	42.4
16	0.824	0.195	23.7

Consumo medio: 1.017 m³/vivienda-díaDotación: 1.393 m³/vivienda-día

Aportación media: 38 %

Cuadro 58. Aportación de la clase media de Cd. Juárez, Chih. (Invierno)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	1.014	0.511	50.43
2	1.257	0.492	39.17
3	0.829	0.389	47.00
4	0.871	0.323	37.12
5	0.729	0.299	41.05
6	0.971	0.418	43.06
7	1.071	0.349	32.61
8	0.933	0.368	39.45
9	2.571	0.899	34.94
10	0.543	0.154	28.40
11	0.557	0.176	31.55
12	0.900	0.409	45.39
13	0.986	0.615	62.37
14	1.457	0.429	29.41
15	1.957	0.892	45.58
16	1.614	0.805	49.86

Consumo medio: 1.141 m³/vivienda-día
 Dotación: 1.37 m³/vivienda-día
 Aportación media: 41 %

Cuadro 59. Aportación de la clase popular de Cd. Juárez, Chih. (Invierno)

Usuarios	Valores en (m ³ /vivienda-día)		Aportación %
	Consumo	Descarga	
1	0.550	0.40	75.7
2	1.518	0.65	43.3
3	0.490	0.31	73.2
4	0.536	0.43	85.4
5	0.524	0.32	51.0
6	0.758	0.43	58.6
7	0.581	0.49	82.2
8	0.871	0.33	48.4
9	1.108	0.61	59.9
10	0.359	0	0
11	0.600	0.35	54.2
12	0.600	0.35	53.4
13	0.478	0.19	86.8
14	0.120	0.13	152.7
15	1.100	0.18	28.6
16	0.316	0.17	46.5
17	0.224	0.18	75.1
18	0.418	0.17	34.6
19	0.159	0.14	96.8

Consumo medio: 0.595 m³/vivienda-díaDotación: 0.815 m³/vivienda-día

Aportación media: 67 %

5.6 Coeficientes de variación

5.6.1 León, Gto.

Como se ha mencionado, a partir del registro de gastos instantáneos se deriva la determinación de los coeficientes tanto diario como horario. Tales registros para cada distrito y estación se muestran en las láminas 13 a 20.

El cuadro 60 presenta los valores del coeficiente de variación diario para cada estación en los distritos de León. El cuadro 61 muestra los correspondientes valores del coeficiente de variación horario.

Para cada distrito y estación se han determinado los siguientes gastos:

- gasto máximo promedio del registro
- gasto mínimo promedio del registro
- gasto medio del registro
- gasto máximo del período
- gasto mínimo del período

El cuadro 62 presenta los gastos máximo promedio, mínimo promedio y medio de cada estación en cada distrito. El cuadro 63, presenta los gastos extremos, máximo y mínimo de cada estación.

Cuadro 60. Coeficiente de Variación Diaria

CIUDAD	DISTRITO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PROMEDIO ARITMÉTICO
LEÓN	RESIDENCIAL	1.32	1.45	1.37	1.29	1.36
	MEDIA	1.38	1.48	1.43	1.37	1.42
	POPULAR					

Cuadro 61. Coeficiente de Variación Horaria

CIUDAD	DISTRITO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PROMEDIO ARITMÉTICO
LEÓN	RESIDENCIAL	1.35	1.65	1.54	1.28	1.46
	MEDIA	1.42	1.62	1.59	1.36	1.50
	POPULAR					

Cuadro 62. Gastos máximos, mínimos y medios en los D.C. de León, Gto.

Estación	Clase social	Gastos (l/s)		
		Q _{máx.}	Q _{mín.}	Q med.
Primavera	Residencial	3.0	0.5	1.5
	Media	16.0	4.3	9.2
	Popular			
Verano	Residencial	2.7	0.4	1.6
	Media	12.0	2.5	7.5
	Popular			
Otoño	Residencial	2.3	0.4	1.3
	Media	14.0	3.3	8.0
	Popular			
Invierno	Residencial	1.2	0.4	0.7
	Media	15.0	4.0	9.0
	Popular			

Nota:

- Q_{máx.}: Promedio de los gastos picos diarios
 Q_{mín.}: Promedio de los gastos mínimos diarios
 Q_{med.}: Gasto medio del período de medición

Cuadro 63. Gastos extremos registrados en los distritos de control de León, Gto.

Estación	Clase social	Gastos (l/s)	
		Q _{máx}	Q _{mín}
Primavera	Residencial	3.6	0.2
	Media	18.5	0.0
	Popular		
Verano	Residencial	3.3	0.1
	Media	14.3	1.9
	Popular		
Otoño	Residencial	2.7	0.2
	Media	16.4	1.8
	Popular		
Invierno	Residencial	1.3	0.1
	Media	17.8	2.0
	Popular		

Nota: Q_{máx}: Gasto máximo del registro

Q_{mín}: Gasto mínimo del registro

Lámina 14

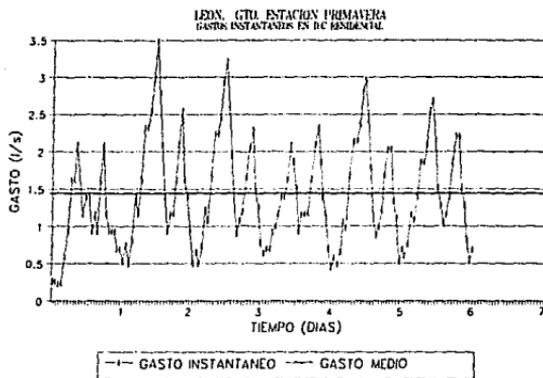


Lámina 15

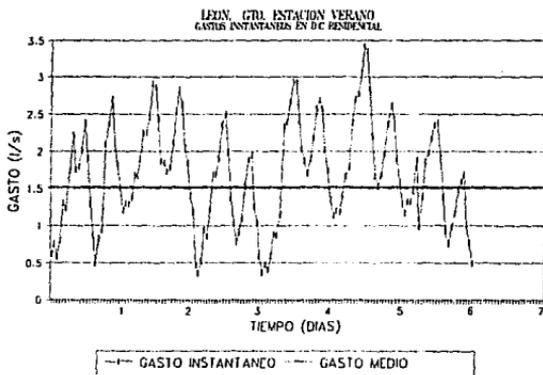


Lámina 16

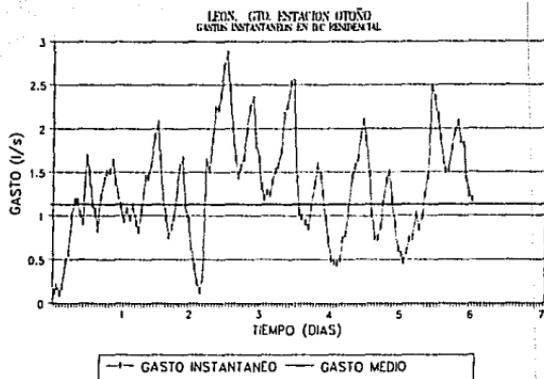


Lámina 17

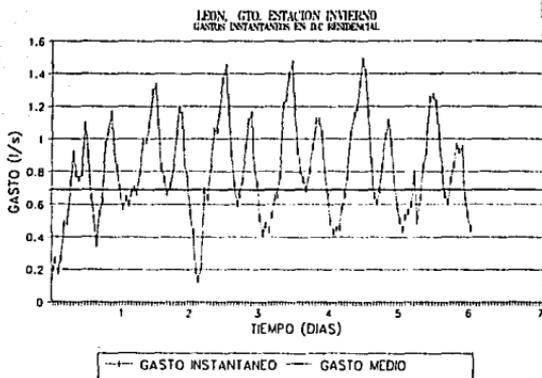


Lámina 18

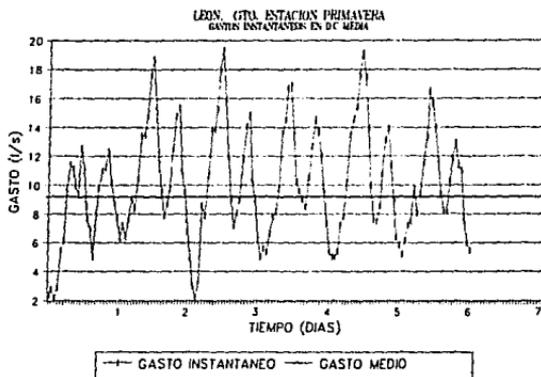


Lámina 19

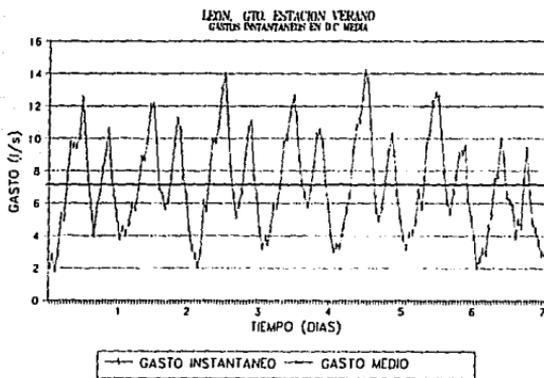


Lámina 20

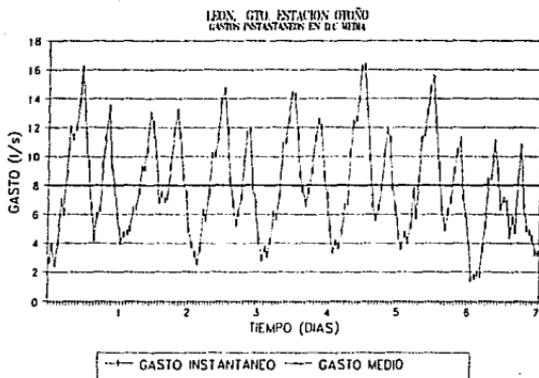
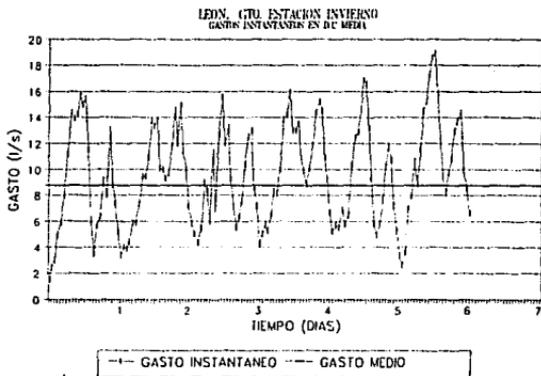


Lámina 21



5.6.2 Cd. Juárez, Chih.

Como se ha mencionado, a partir del registro de gastos instantáneos se deriva la determinación de los coeficientes tanto diario como horario. Tales registros para cada distrito y estación se muestran en las láminas 21 a 32.

El cuadro 64 presenta los valores del coeficiente de variación diario para cada estación en los distritos de Cd. Juárez. El cuadro 65 muestra los correspondientes valores del coeficiente de variación horario.

El cuadro 66 presenta los gastos máximo promedio, mínimo promedio y medio de cada estación en cada distrito. El cuadro 67, presenta los gastos extremos, máximo y mínimo de cada estación.

Cuadro 64. Coeficiente de Variación Diaria

CIUDAD	DISTRITO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PROMEDIO ARITMÉTICO
CD. JUÁREZ, CHIH.	RESIDENCIAL	1.34	1.44	1.38	1.29	1.36
	MEDIA	1.37	1.43	1.40	1.36	1.39
	POPULAR	1.33	1.38	1.37	1.28	1.34

Cuadro 65. Coeficiente de Variación Horaria

CIUDAD	DISTRITO	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO	PROMEDIO ARITMÉTICO
CD. JUÁREZ, CHIH.	RESIDENCIAL	1.35	1.69	1.58	1.27	1.47
	MEDIA	1.38	1.68	1.57	1.33	1.49
	POPULAR	1.29	1.65	1.53	1.25	1.43

Cuadro 66. Gastos máximos, mínimos y medios en los D.C. de Cd. Juárez, Chih.

Estación	Clase social	Gastos (l/s)		
		Qmáx.	Qmín.	Qmed.
Primavera	Residencial	6.8	2.8	3.0
	Media	6.5	1.0	2.9
	Popular	8.8	1.6	4.2
Verano	Residencial	15.0	1.8	6.7
	Media	11.6	2.5	6.1
	Popular	13.0	2.0	6.7
Otoño	Residencial	11.7	1.9	5.2
	Media	7.2	1.0	3.7
	Popular	11.0	2.0	5.3
Invierno	Residencial	4.0	0.6	2.0
	Media	3.3	0.7	1.8
	Popular	7.7	1.7	4.0

Cuadro 67. Gastos extremos registrados en los distritos de control de Cd. Juárez, Chih.

Estación	Clase social	Gastos extremos (l/s)	
		Q _{máx}	Q _{mín}
Primavera	Residencial	8.0	0.3
	Media	7.7	0.1
	Popular	9.9	0.1
Verano	Residencial	17.8	0.5
	Media	14.0	0.8
	Popular	15.4	0.3
Otoño	Residencial	14.8	0.7
	Media	8.6	0.4
	Popular	13.6	0.0
Invierno	Residencial	4.8	0.3
	Media	4.3	0.2
	Popular	9.5	0.7

Lámina 22

CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION PRIMAVERA
 GASTOS INSTANTANEOS EN D.C. RESIDENCIAL

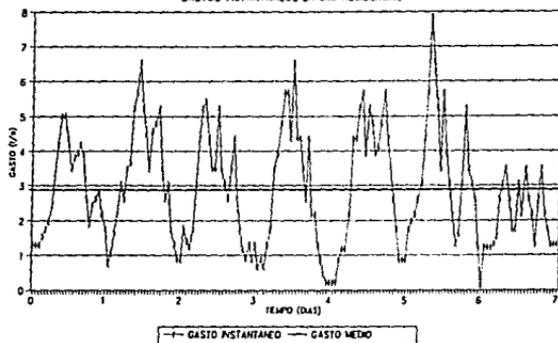


Lámina 23

CD. JUAREZ, CHIH. ESTACION VERANO
 GASTOS INSTANTANEOS EN D.C. RESIDENCIAL

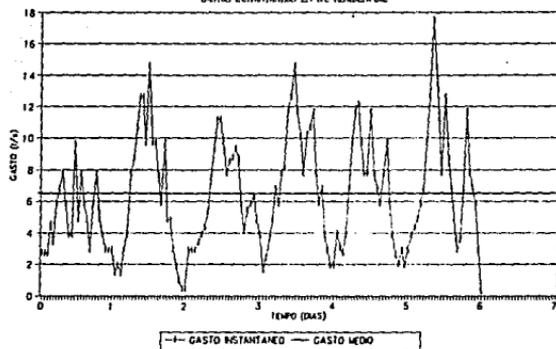


Lámina 24

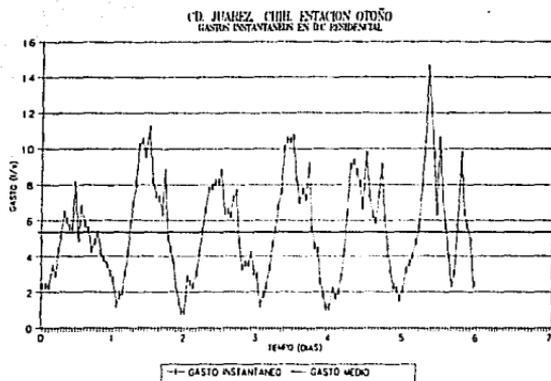


Lámina 25

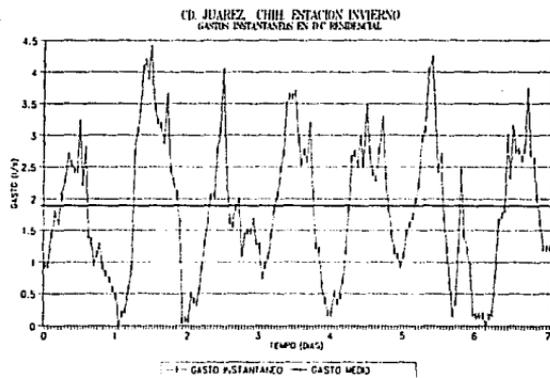


Lámina 26

CD. JUAREZ, CIHIL ESTACION PRIMAVERA
GASTOS INSTANTANEOS EN DC MERA

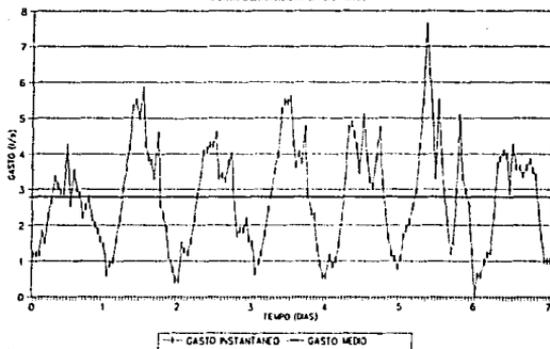


Lámina 27

CD. JUAREZ, CIHIL ESTACION VERANO
GASTOS INSTANTANEOS EN DC MERA

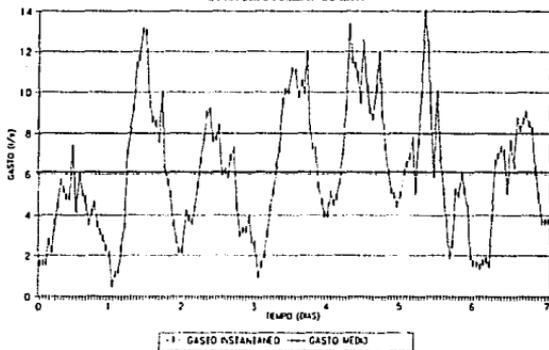


Lámina 28

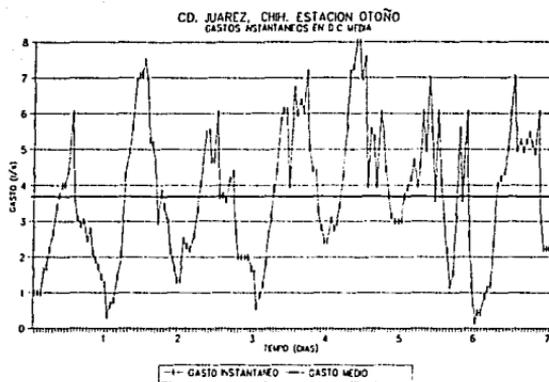


Lámina 29

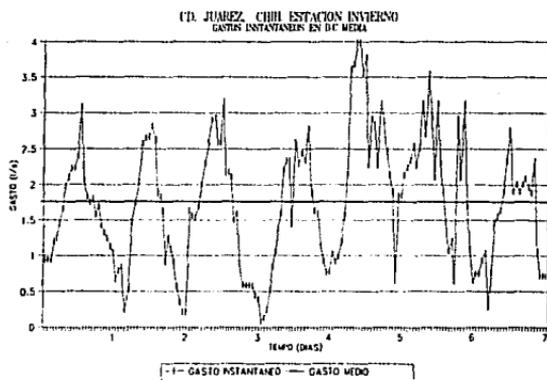


Lámina 30

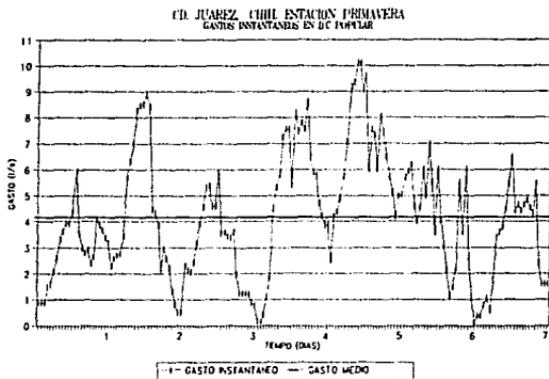


Lámina 31

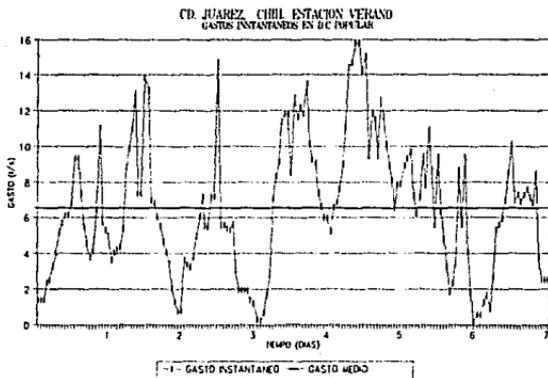


Lámina 32

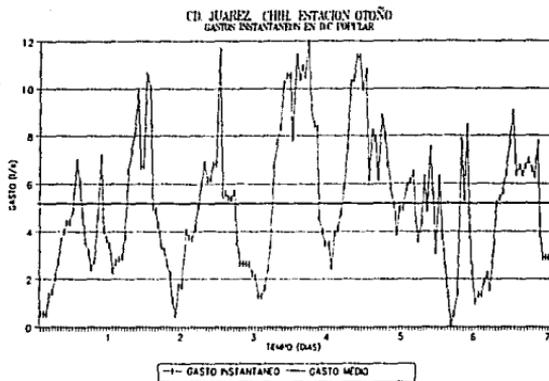
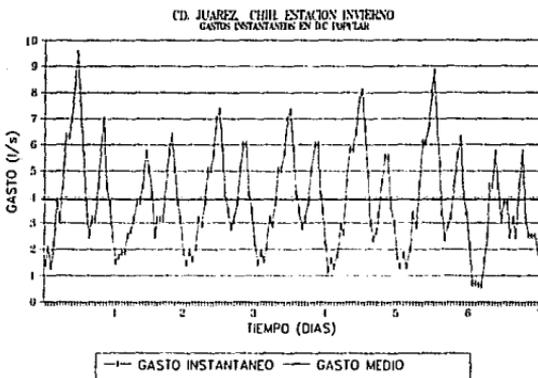


Lámina 33



CAPITULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 Coeficiente de aportación

El valor promedio de los coeficientes de aportación, respecto al consumo en cada domicilio, presenta valores medios anuales del 70 % para León y 65 % para Cd. Juárez. Si se considera que el porcentaje de pérdidas medio en el país es del orden del 37 %, entonces los porcentajes de aportación se transforman en 50 % para León y de 48 % para Cd. Juárez, estimados respecto de la dotación:

Sin duda estos valores contrastan con el porcentaje recomendado en la norma mexicana, 25 % superior, sin embargo, es sólo ligeramente inferior a algunas de las recomendaciones de la literatura, en donde es común hablar de 60 % de aportación respecto a la dotación, en sistemas de países desarrollados donde ciertamente el porcentaje de pérdidas es inferior.

Por lo que respecta a la confiabilidad de los valores reportados, ésta se relaciona estrechamente con el método de medición, tamaño de muestra y varianza de la población. El cuadro 68 presenta los resultados del análisis de sensibilidad efectuado para cada distrito y estación del año, se incluyen varianza, error estándar y el intervalo de confianza asociado a un nivel de confiabilidad del 95 %, esto es, la aportación media presentada en el cuadro 68 tiene un intervalo asociado de ± 2 veces el error estándar.

Por lo que hace a la varianza de la población, en general se observan valores que indican una baja dispersión de los datos, esto obedece a que se tiene acotado el intervalo en que puede variar el valor del porcentaje de aportación, valores menores a 25 %, es difícil que se presenten y valores superiores al 110 % son muy raros y mucho más aportaciones por sobre el 200 %.

CUADRO 68. ANÁLISIS DE ERROR E INTERVALO DE CONFIANZA

CIUDAD	DISTRITO	ESTACIÓN	VARIANZA %	ERROR ESTÁNDAR %	INTERVALO DE CONFIANZA DEL C. DE APORTACIÓN 95.00 %
CD. JUÁREZ CHIH.	SAN MARCOS RESIDENCIAL	PRIMAVERA	5.80	1.40	54.21 A 59.79
		VERANO	1.70	0.59	65.82 A 68.18
		OTOÑO	2.30	0.80	63.40 A 66.60
		INVIERNO	1.89	0.45	37.09 A 38.91
	CÓRDOBA MEDIA	PRIMAVERA	2.10	0.52	48.96 A 51.04
		VERANO	1.78	0.58	73.84 A 76.16
		OTOÑO	3.65	1.37	70.26 A 75.74
		INVIERNO	1.73	0.43	40.15 A 41.85
	MORELOS POPULAR	PRIMAVERA	6.85	1.65	57.89 A 64.11
		VERANO	0.79	0.21	76.58 A 77.42
		OTOÑO	0.79	0.21	70.58 A 71.42
		INVIERNO	20.00	4.54	57.92 A 76.08
LEÓN, GTO.	CAMPESTRE RESIDENCIAL	PRIMAVERA	12.77	4.09	59.81 A 76.19
		VERANO	5.53	2.03	61.94 A 70.06
		OTOÑO	6.97	2.58	62.89 A 73.11
		INVIERNO	2.20	0.80	39.80 A 42.20
	ECHEVESTE MEDIA	PRIMAVERA	6.93	1.91	69.17 A 76.83
		VERANO	5.62	1.22	62.56 A 67.44
		OTOÑO	6.20	2.19	67.63 A 76.37
		INVIERNO	1.96	0.54	49.92 A 52.08
	SANTA CLARA POPULAR	PRIMAVERA	13.14	3.93	55.14 A 70.86
		VERANO	5.47	2.06	69.88 A 78.12
		OTOÑO	7.47	2.81	76.36 A 87.62
		INVIERNO	4.47	1.01	70.98 A 75.02

El tener varianzas con valores reducidos y que la población en los distritos es relativamente pequeña, menor de 1800, permite que aún con muestras de tamaño $n = 7$, se obtengan errores pequeños, siendo el error máximo en la estimación del valor medio de la aportación de un distrito de 4.54 %, que corresponde al distrito Morelos (popular) de Cd. Juárez Chih, en la estación Invierno.

Se destaca que a mayor nivel socioeconómico menor es el coeficiente de aportación, resultado que se esperaba, dado que la clase residencial normalmente dispone de amplias áreas de jardines y en general tiende a utilizar el agua para fines menos básicos que la clase popular.

En cuanto a la influencia estacional en el coeficiente de aportación, se observa que no existe una influencia significativa. La influencia estacional es notoria en el incremento de consumos durante el verano y en otoño, en algunos de los casos.

Por último, conviene señalar que debido a la escasa calidad en la construcción de los registros domiciliarios y conexiones, se presume origine que parte de agua se fugue e infiltre al subsuelo, reduciendo los volúmenes de agua residual que ingresan al sistema de alcantarillado y contaminen el subsuelo de las ciudades y aún los acuíferos subyacentes.

6.2 Coeficientes de variación horaria y diaria

Como se ha señalado líneas arriba, estas variables miden la variación en la magnitud de los gastos descargados en forma horaria y diaria, digamos que comparan la dispersión de los valores promedio horarios y de los gastos máximos respecto a un medio diario del distrito analizado.

El análisis de ambos coeficientes conviene efectuarlo conjuntamente, la razón es que existe un elemento que puede ser utilizado como referencia para evaluar la factibilidad de los valores de ambos coeficientes. En este caso el parámetro denominado Coeficiente de Harmon M, ver ec. 6.1 de amplio uso en el diseño de sistemas de alcantarillado equivale a la multiplicación de ambos coeficientes, así que se ha decidido presentar en el cuadro 69 una comparación de los valores de Harmon con los obtenidos a partir de ambos coeficientes.

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \quad (6.1)$$

Cuadro 69. Comparación de Coeficientes

Ciudad	Estrato Social	Coeficiente Harmon	Coeficiente Cvh*Cvd
León, Gto.	Residencial	3.89	1.98
	Medio	2.94	2.13
	Popular	3.25	
Juárez, Chih.	Residencial	3.69	1.99
	Medio	3.36	2.07
	Popular	3.19	1.91

Los coeficientes de variación tanto diario como horario presentan valores mayores en verano respecto a otras estaciones, asimismo los valores mínimos se reportan en el invierno.

En cuanto al patrón de flujos diario y semanal guardan una congruencia general reportándose valores máximos en las mañanas, un pico menor por la tarde y los mínimos por la noche. Los gastos medios medidos se han comparado con los gastos teóricos del distrito en función de la encuesta de población y una dotación supuesta en cada distrito se observa que existen diferencias importantes en algunos distritos,

6.3 Consumos de agua potable

A partir de los consumos y considerando un 37 % de pérdidas, se obtuvieron las dotaciones correspondientes para cada distrito y por estación, ver cuadro 70. En Cd. Juárez se obtuvieron dotaciones importantes, por sobre la media nacional³⁰. En el caso de León, Gto. las dotaciones son similares a la media nacional, excepto en distrito Echeveste, clase media, se estima que obedece a que el servicio en toda la ciudad es tandeado y que el distrito se ubica en las afueras de la ciudad, repercutiendo en una disminución en el volumen enviado a ese distrito. La clase residencial no se ve afectada por contar con cisternas de gran capacidad.

Se advierte que estos resultados son cualitativos, como se ha mencionado la muestra no es representativa para efectuar un análisis de consumos, esto se puede observar en el cuadro 71, donde se presentan los gastos medios de cada distrito; uno calculado, en función de la dotación y del número de habitantes, y el medido en los pozos de visita, observándose variaciones hasta del 60 %.

Cuadro 70. Dotación en l/hab/dfa, en los distritos analizados

	DOTACIÓN l/hab/dfa					
	LEÓN			CD. JUÁREZ		
	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR	RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
PRIMAVERA	170,34	81,60	68,02	294,54	215,05	147,45
VERANO	349,36	95,99	101,05	1.039,89	392,38	207,30
OTOÑO	261,02	81,06	118,02	756,28	293,14	166,42
INVIERNO	165,68	96,90	89,04	277,87	217,33	144,77
PROMEDIO	236,60	88,89	94,03	592,14	279,48	166,48

³⁰ Ochoa A. L., Rodríguez V. M. y Delgado B. A., *Análisis de la información del estudio de Actualización de Dotaciones en el País*, IMTA, Jutepec, Mor. 1993.

Cuadro 71. Análisis de Gastos

Ciudad	Distrito	# Hab.	Dotación (l/h-día)	Gasto Teórico l/s	Gasto Medido l/s	Error %
León, Gto.	Residen.	690	236.6	0.94	1.27	35.1
	Medio	10180	88.89	5.24	8.43	60.0
	Popular	4915	94.03	2.61		
Cd. Juárez, Chih.	Residen.	1410	592.14	4.63	4.22	8.8
	Medio	3730	279.5	5.79	3.62	37.0
	Popular	5670	166.48	5.24	5.05	3.6

6.4 Ventajas del modelo propuesto

El equipo diseñado y construido es útil para obtener una medición confiable de las descargas de las aguas residuales domésticas, municipales e industriales. El medidor también se puede utilizar para determinar el gasto en canales abiertos.

El medidor viene integrado en una caja NEMA-12, la electrónica se controla con un microprocesador y las señales se almacena por medio de un valor numérico antes de ser procesado para que ninguna modificación análoga cause distorsiones en la información o desviaciones que puedan contaminar a las señales. Esta técnica permite mediciones de flujo precisas y exactas, aumenta la confiabilidad del medidor y minimiza las variaciones que son normalmente asociadas con la inestabilidades en los componentes. El dar un valor numérico temprano, ayuda a realizar la el mantenimiento. El valor numérico se confirma, almacena y filtra mediante algoritmos matemáticos para corrección de la señal.

6.5 Desventajas del modelo propuesto

Una de las desventajas es que al instalarse el vertedor se provoca un remanso, que posteriormente origina problemas de sedimentación, por lo que periódicamente se debe limpiar. Otra de las desventajas que se observaron fué que el elemento primario de medición (flotador), bajo las condiciones de trabajo (gases, humedad) presenta problemas en la calibración, esto implica un mantenimiento periódico. Esto se puede resolver sustituyendo el flotador por un elemento sónico.

Como en todo trabajo experimental las herramientas utilizadas son susceptibles de mejoras para una mejor ejecución de los trabajos. Por ejemplo; el remanso en los pozos de visita seguramente afecta los valores pico, un sistema que no interfiera al flujo sería idóneo en esta situación, sin embargo su costo es más elevado y su aplicación en aguas residuales al parecer no es muy recomendable.

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos en el trabajo muestran que el valor del coeficiente de aportación propuesto en la Norma Oficial es muy elevado (75 %), al parecer un valor más adecuado a nuestro medio oscilaría alrededor del 60 al 70 % de la dotación, tal y como proponen Fair, Geyer y Okun. Este valor sigue siendo superior al obtenido en este trabajo, que es de 50 %, respecto a la dotación, sin embargo, los valores reportados en las estaciones de verano y otoño, en ambas ciudades, parecen indicar que esas son las tendencias, sobre todo si se considera la importancia del porcentaje de pérdidas, supuesto en este trabajo de 37%, misma que afecta en forma importante al coeficiente. Una reducción en ellas implicaría que el porcentaje reportado se incrementaría en proporción directa, siendo factible alcanzar valores entre el 60 y 70 %.

Por lo que hace a los resultados de los coeficientes de variación diario y horario estos presentan en promedio un valor de 2.05, ya transformado a coeficiente de Harmon, valor sin duda inferior al esperado para poblaciones de pequeño tamaño. Existen varias razones que expliquen este hecho. La principal puede deberse al remanso que produce la estructura vertedora en las tuberías de alcantarillado, el remanso produce un amortiguamiento de los picos que a su vez generan menor dispersión de los valores alrededor de la media. Otra es que se desconoce la metodología utilizada por Harmon para llegar a sus expresiones, en consecuencia, es difícil establecer una comparación directa.

El desarrollo de un sistema de medición que no interviniera con el flujo sería ideal para estimar estos coeficientes.

Los volúmenes de consumos presentan una gran dispersión por lo cual la muestra obtenida no es representativa de esta variable aislada, sin embargo, los valores obtenidos conducen a valores de la dotación ciertamente altas en el caso de Juárez, Chih. y similares a la media nacional en el caso de León, Gto.

Los gastos medidos en los puntos de concentración reportan valores con una razonable aproximación a los que podrían esperarse a partir de los consumos y del número de usuarios obtenido mediante una encuesta.

La metodología desarrollada para la ejecución del estudio ha funcionado con eficacia para determinar el coeficiente de aportación. La selección de los distritos, fue adecuada, permitiendo obtener suficiente información para el desarrollo de los

trabajos, la única excepción fue el distrito popular en la ciudad de León, en donde no fue posible medir en el punto de concentración de salida del distrito, por problemas en el número de líneas de llegada y salida y por problemas con los usuarios.

El número de usuarios muestreado casi siempre estuvo en función de los usuarios que quisieran cooperar con el estudio, por esa causa, no fue factible muestrear un mayor número de usuarios, sin embargo, el número fue suficiente para garantizar errores menores al 5 % en la estimación del coeficiente de aportación.

Los patrones de descargas en las líneas de alcantarillado presentan una tendencia conforme a la esperada, los picos se presentan durante las mañanas y ocasionalmente por las tardes y los gastos mínimos por las noches.

AGRADECIMIENTOS

La dirección de esta tesis estuvo a cargo del Dr. Felipe I. Arreguín Cortés, quien le dedicó muchas horas a la lectura minuciosa y analítica de este trabajo. Asimismo, agradezco sus aclaraciones, sugerencias y correcciones. Labor invaluable.

Agradezco también la actitud desinteresada del M.I. Víctor J. Bourguett Ortíz, por sus comentarios y sugerencias en la realización del trabajo en general.

A mis sinodales: Dr. Polioptro F. Martínez Austria, Dr. Nahun Hamed García Villanueva, M.I. Víctor J. Bourguett Ortíz, M.I. Gabriela Moeller Chávez, por la revisión y comentarios a este trabajo.

A mis padres, mis hermanos, mis sobrinos, mis amigos; especialmente a Ma. del Carmen Enríquez, por su comprensión y compañía en todo momento y a J. Manuel Rodríguez por brindarme siempre su apoyo.

A la división de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, por la formación recibida.

Al Instituto Mexicano de Tecnología Hidráulica y a la Comisión Nacional del Agua por el apoyo brindado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbet, R. W., ed., "*American civil engineering practice*", vol. II, Wiley, Nueva York, 1956.
2. American Society of Mechanical Engineers, "*Fluid Meters*", 6th ed., New York, 1971.
3. ASME, "*Symposium on flow, its Measurement and control in Science and Industry*", Pittsburgh, May 9-14, 1971.
4. Bendat, J. S., and Piersol, A. G., "*Random Data: Analysis and measurement Procedures*", John Wiley and Sons, London, 1971.
5. Camplon, P. J., Burns, P. E., and Williams, A., "*A Code Practice for the Detailed Statement of Accuracy*", HMSO, London, 1973.
6. Cheremisinoff, N. P. y Cheremisinoff, P. N. "*Wastewater flow measuring devices*", Pollution Engineering, pp 50-57, september, 1980.
7. Chow, V. T., "*Open channel hydraulics*", McGraw-Hill, Nueva York, 1959.
8. Dowden, R. Rosemary: "*Fluid Flow Measurement: A Bibliography*" BHRA Fluid Engineering, Cranfield, Bedford, England, 1972.
9. Elrod, H.G. Jr., and Fouse R. R., "*an investigation of electromagnetic flowmeter*", Trans. ASME, vol. 74, p. 589, may 1952.
10. Escritt, L. B. "*Sewerage and sewage disposal, Contractor's Record*", Londres, 1956.
11. Hayward, A. T. J. "*Flowmeters: A Basic guide and source - Book for Users.*" Wiley, New York, 1979.
12. Herschy, R. W., "*The Magnitude of Errors at Flow Measurement Stations, Technical Note No. 11*", Water Resources Board, Reading, 1971.
13. Lansford W. M., "*the use of an Elbow in a pipe line for determining the rate of flow in a pipe*", Univ. Ill. Exp. Stn. Bull. 289, december 1936.
14. Lyon, A. J. "*Dealing with data*", Pergamon Press, Oxford, 1970.

15. Metcalf, Leonard, and H. P. Eddy, "*American sewerage practice, Vol. I Design of Sewer*", 2a. ed., Mc Graw-Hill, Nueva York, 1928.
16. Miller, R. W. "*Flow Measurement Engineering Handbook*", Mc Graw-Hill, New York, 1983.
17. Rouse, Hunter, "*Engineering hydraulics*", 2a. ed., Wiley, Nueva York, 1950.
18. Schenck H., "*Theories of Engineering Experimentation*", McGraw - Hill, New York, 1961.
19. Topping, J., "*Errors of Observation and Their Treatment*", Published on behalf of the Institute of Physics by Chapman and Hall Ltd., London, 1955.
20. Worthing. A. G., and Geffner, J., "*Treatment of Experimental Data*", John Wiley and Sons, New York, 1943.

ANEXO 1

Listado del programa

```

1 ONERR 9500:REM IMTA VERSION REX 5.0
3 STRING 300,35
5 DIM C(5)
10 P9=220H:PNI=220H:CPM=230:PCPM=220H
11 TERV=0:M=0:COUNT=0:L1=0:L2=200:DESPLA=200
12 DI=01:ME=01:AN=93:$(1)="IMTA":$(2)="V"
15 R9=100:GOSUB 646:GOSUB 4000
18 EJECU=1
20 DO
23 CC=GET
25 IF CC=0 THEN 23
30 IF CC=65.AND.EJECU=1 THEN GOSUB 100:GOSUB 4000:EJECU=9:GOTO 23
32 IF CC=65.AND.EJECU=9 THEN GOSUB 4700:GOTO 23
35 IF CC=66 THEN GOSUB 1500:GOSUB 4000:GOTO 23
40 IF CC=67 THEN GOSUB 2000:GOSUB 4000:GOTO 23
45 IF CC=68 THEN GOSUB 2500:GOSUB 4000:GOTO 23
47 IF CC=69 THEN GOSUB 3000:GOSUB 4000:GOTO 23
48 IF CC=70 THEN GOSUB 4800:GOSUB 4000:GOTO 23
49 IF CC<>71 THEN GOSUB 4000:GOTO 23
50 UNTIL CC=71
53 TIME=0:CLOCK 0:EJECU=99:END
100 IF M=0 THEN M=5
105 IF COUNT=0 THEN COUNT=4
106 IF TERV=0 THEN TERV=ABS(DESPLA/(L2-L1))
107 TIME=0:CLOCK 1
115 ONTIME M,500
117 REM
120 IDLE
130 GOSUB 600
140 REM
160 GOSUB 900:IF TIME>65000 THEN GOSUB 2700
165 IF FIN=1 THEN 180 ELSE 117
180 REM
190 CLOCK 0:TIME=0
200 RETURN
300 U2=TERV*ABS(U2-L1):U1=TERV*ABS(U1-L1)
302 R9=INT(ABS(R9))
305 IF (U2-R9)>(R9-U1) THEN R9=R9+RND*(U2-R9) ELSE R9=R9-RND*(R9-U1)
306 IF R9<0.OR.R9>255 THEN R9=240
307 RETURN
500 NOW=INT(TIME)
506 E=0:N=0:ARL=0:U1=255:U2=0:MAL=0
510 DO:XBY(OFF00H)=7+2:N=N+1:UX=XBY(OFF00H):IF UX=0 THEN MAL=1
511 IF UX>U2 THEN U2=UX
512 IF UX<U1 THEN U1=UX

```

```

513 ARL=ARL+UX:UNTIL N=15:IF MAL=1 THEN ARL=0
514 U3=INT(ARL/N)
515 R9=TERV*(U3-L1):R9=INT(ABS(R9*1)):IF R9<0 THEN R9=0
516 IF R9>200 THEN R9=TERV*(CO-L1)
517 IF U2<>U1 THEN GOSUB 300
518 REM FT=GET:IF FT<>0 GOSUB 2600 ELSE ?TIME
520 IF U2<>U1 THEN ?R9 ELSE ?"+",R9
522 R9=INT(R9+.5):IF R9>255 THEN R9=0
525 CC=GET
530 IF CC=0.AND.E<10 THEN E=E+1:GOTO 525
535 ONTIME M+NOW,500
550 RETI
600 ON (CPM-230) GOTO 610,620
610 XI=XBY(PCPM+1)
612 IF R9=XI.AND.XBY(PCPM+2)>=200 THEN GOSUB 700:RETURN
613 IF R9=XI THEN XBY(PCPM+2)=XBY(PCPM+2)+1:RETURN
615 CPM=231
616 REM XBY(P9)=CPM
617 PCPM=P9:REM P9=P9+1
619 GOTO 600
620 XI=XBY(P9-1)
623 IF R9=XI THEN 645
625 XBY(P9)=R9:P9=P9+1:RETURN
645 PCPM=P9-1
646 CPM=230:XBY(PCPM)=CPM:XBY(PCPM+1)=R9
650 XBY(PCPM+2)=2:P9=P9+2:RETURN
700 PCPM=PCPM+3
705 XBY(PCPM)=CPM
710 XBY(PCPM+1)=R9
720 XBY(PCPM+2)=1:P9=PCPM+3
730 RETURN
800 REM ENERGIA
801 XBY(OFFOOH)=7+1
811 R=XBY(OFFOOH)
815 ?"NIVEL DE ENERGIA AL ",R/45,"%CONFIABLE "
820 RETURN
900 FIN=0
902 COUNT=COUNT-1
903 REM IF TIME>65000 THEN GOSUB 2700
905 IF COUNT<=0 THEN FIN=1:RETURN
920 IF P9>3FFOH THEN FIN=1:RETURN
930 REM IF CC>0 THEN ?"^",CHR$(CC):FIN=1:RETURN
945 REM IF
999 RETURN
1500 REMALGO
1505 $(3)="-Enter- para nivel minimo ":DO:GOSUB 8990:Q=PF:UNTIL Q=255.OR.Q=0
1507 IF Q=255 THEN RETURN
1508 XBY(OFFOOH)=7+2:REM CONFIGURAAADCPARACANAL3
1509 CO=XBY(OFFOOH):L1=CO
1511 $(3)="-Enter- para nivel maximo ":DO:GOSUB 8990:Q=PF:UNTIL Q=255.OR.Q=0
1512 IF Q=255 THEN RETURN

```

```

1513 XBY(OFF00H) = 7 + 2:REMCONFIGURAADCPARACANAL3
1514 CZ = XBY(OFF00H):L2 = CZ
1527 IF L2 = L1 THEN ?"ORDEN INCORRECTO.REINTENTE":GOTO 1500
1530 $(3) = "Desplazamiento de Flotador (mm)"
1532 DO:GOSUB 8990:Q = PF:UNTIL Q < = 229.AND.Q > 0
1533 IF Q = 255 THEN RETURN
1535 DESPLA = Q:REM DESPLA = DESPLA/200
1539 XBY(PCPM + 1) = INT(CO)
1540 IF TERV < = 0.AND.L2 > L1 THEN TERV = DESPLA/(L2-L1)
1545 RETURN
2000 IF EJECU = 9 THEN INPUT "Desea renovar datos (NO = 2) ",Q
2002 IF EJECU = 9.AND.Q = 2 THEN RETURN ELSE EJECU = 1
2004 $(3) = "DIA (1/31): ":DO:GOSUB 8990:DI = PF:UNTIL DI = 255.OR.(DI > 0.AND.DI < 32)
2005 IF DI = 255 THEN RETURN
2006 $(3) = "MES(1/12): ":DO:GOSUB 8990:ME = PF:UNTIL ME = 255.OR.(ME > 0.AND.ME < 13)
2007 IF ME = 255 THEN RETURN
2008 $(3) = "Año (93.): ":DO:GOSUB 8990:AN = PF:UNTIL AN = 255.OR.(AN > 92.AND.AN < 99)
2009 IF AN = 255 THEN RETURN
2010 REMINPUT"LUGAR DE LECTURA :",$(1)
2012 INPUT "CLAVE :",$(2)
2014 $(3) = "Intervalo de lectura (seg) : "
2015 DO:GOSUB 8990:M = PF:UNTIL M > 0.AND.M < 250
2016 IF M = 255 THEN RETURN
2017 $(3) = "Dias : "
2018 DO:GOSUB 8990:CDI = PF:UNTIL CDI = 255.OR.(CDI > = 0.AND.CDI < 9)
2019 IF CDI = 255 THEN RETURN
2020 $(3) = "Horas : "
2021 DO:GOSUB 8990:CHO = PF:UNTIL CHO = 255.OR.(CHO > = 0.AND.CHO < 24)
2022 IF CHO = 255 THEN RETURN
2023 $(3) = "Minutos : "
2024 DO:GOSUB 8990:CMN = PF:UNTIL CMN = 255.OR.(CMN > = 0.AND.CMN < 60)
2025 COUNT = CDI * 24 * 3600 + CHO * 3600 + CMN * 60:IF M > 0 THEN COUNT = COUNT/M
2027 IF COUNT > 64000.OR.COUNT = 0 THEN ?"FUERA DE RANGO ":GOTO 2014
2029 ?"TOTAL DE LECTURAS :",COUNT:RETURN
2030 RETURN
2500 REM
2501 REM
2502 REM
2503 FOR II = 1 TO 530:NEXT II
2507 ?" #3":GOSUB 7700
2508 ?$(2):GOSUB 7700
2509 ?" #4":GOSUB 7700
2510 ?M:GOSUB 7700
2511 ?" #5":GOSUB 7700
2512 ?P9-PNI:GOSUB 7700
2520 FOR I = PNI TO P9-1
2530 ?" |",XBY(I):GOSUB 7700
2540 NEXT I:" 255":RETURN
2600 ?"CAMBIE TIME"
2610 TIME = 64998
2620 RETURN

```

```
2700 CLOCK 0
2701 TIME=0.0
2702 CLOCK 1
2703 ONTIME M,500
2705 RETURN
3000 XBY(OFFOOH) = 7 + 1:R = XBY(OFFOOH)
3003 ? "NIVEL DE ENERGIA AL ",R/45," CONFIABLE ":RETURN
4000 ?"@":RETURN
4700 ? "Hay datos previos cargados. ",EJECU:RETURN
4800 IF EJECU = 9 THEN $(3) = "Sistema Reiniciado ":GOSUB 8990
4805 REM IF PF < > 2 THEN RETURN
4810 EJECU = 1:$(1) = "":$(2) = "":P9 = 220H:PNI = P9:CPM = 230:PCPM = P9
4820 RETURN
7700 FOR II = 1 TO 30:NEXT II:RETURN
8990 P5 = 0:P4 = 0:PF = 0
8995 ?$(3),
9000 P4 = GET
9010 IF P4 = 0 THEN 9000
9020 IF P4 = 61.AND.P5 > 0 THEN P5 = 0:GOTO 9000
9030 IF P4 = 27 THEN ?"":PF = 255:RETURN
9035 IF P4 = 13.OR.P4 = 10 THEN 9070
9040 IF P4 > 47.AND.P4 < 120 THEN 9050 ELSE 9000
9050 P5 = P5 + 1:C(P5) = P4-48:CHR$(P4),
9055 IF P5 = 3 THEN 9070
9060 GOTO 9000
9070 PF = 0
9071 IF P5 = 3 THEN PF = C(3) + C(2)*10 + C(1)*100
9072 IF P5 = 2 THEN PF = C(2) + C(1)*10
9073 IF P5 = 1 THEN PF = C(1)
9075 ?
9080 RETURN
9500 EJECU = 9:NERO = 1:GOTO 20
9510 END
```

ANEXO 2. FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Distrito de control residencial Cd. Juárez, Chih.



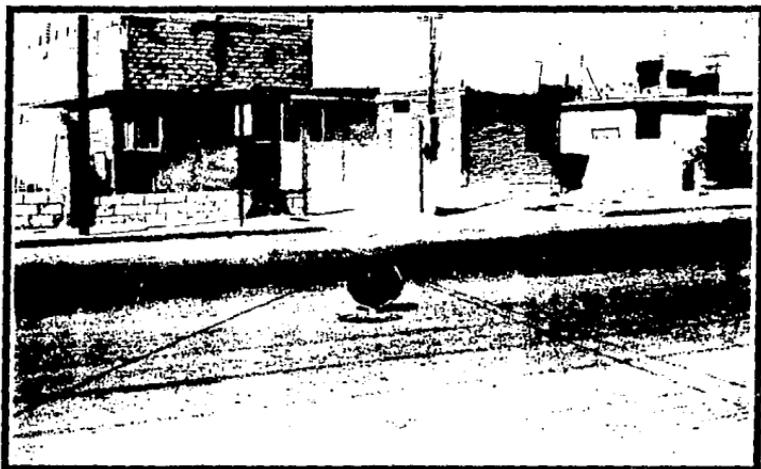
Fotografía 2. Distrito de control popular Cd. Juárez, Chih.



Fotografía 3. Distrito de control residencial, León, Gto.



Fotografía 4. Punto de concentración residencial, Cd. Juárez, Chih.



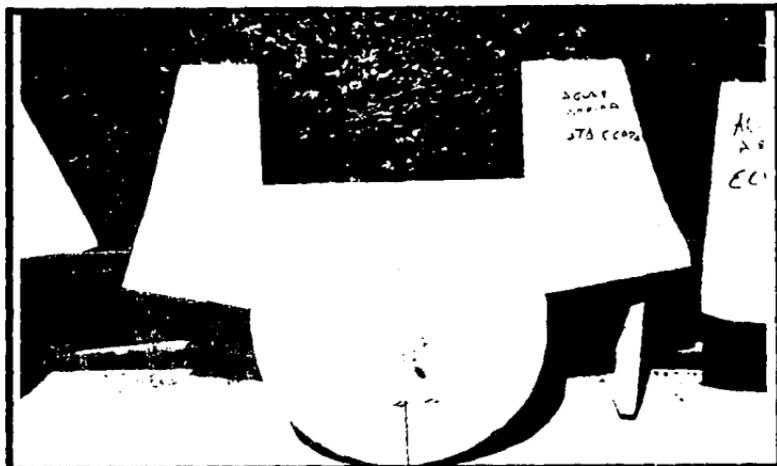
Fotografía 5. Punto de concentración en clase popular, Cd. Juárez, Chih.



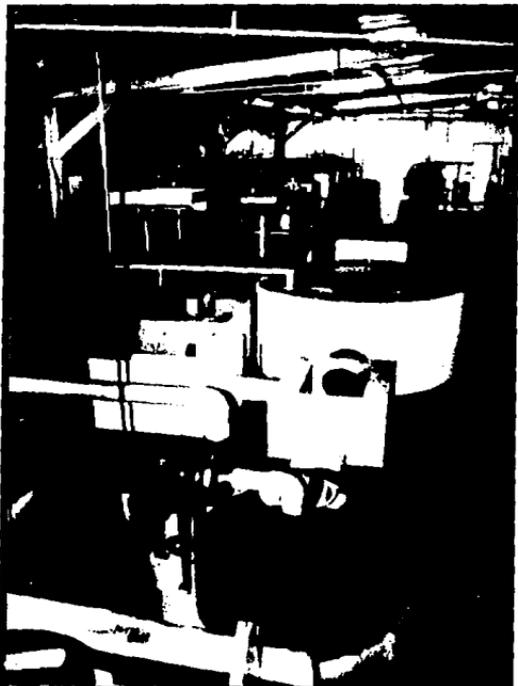
Fotografía 6. Recorrido de toma de lecturas de agua potable y residual.



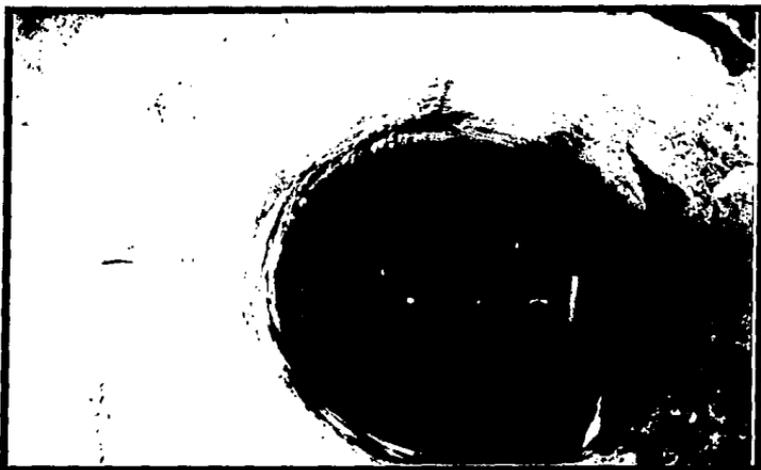
Fotografía 7. Vertedor colocado en Distrito residencial en León, Gto.



Fotografía 8. Vertedor colocado en Distrito popular en León, Gto.



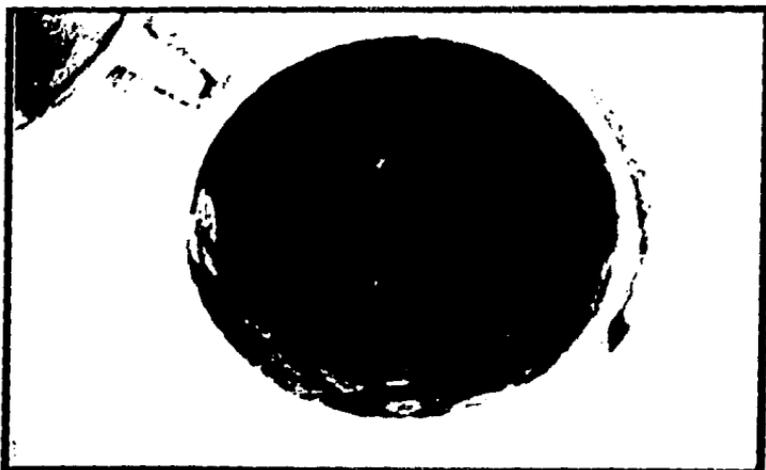
Fotografía 9. Modulo de calibración de vertedores y equipo, construido en el laboratrio del IMTA.



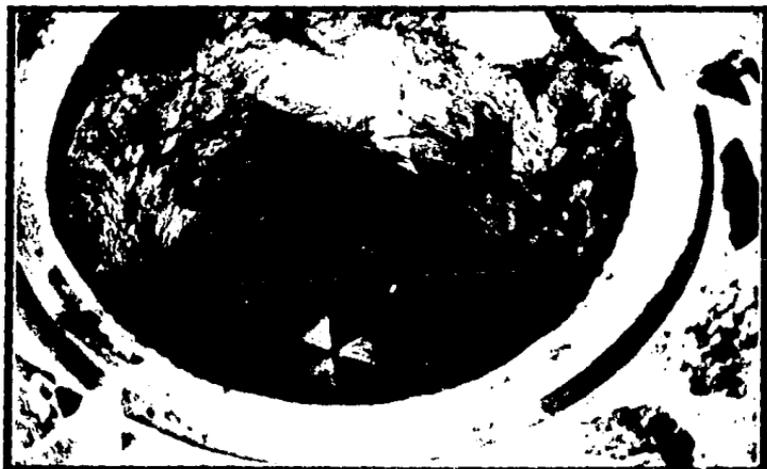
Fotografía 10. Equipo de medición en D. C. de clase media León, Gto.



Fotografía 11. Equipo de medición colocado en registro domiciliario.



Fotografía 12. Colocación del equipo en clase residencial en Cd. Juárez.



Fotografía 13. Colocación del Datta Logger.



Fotografía 14. Revisión del equipo de medición en pozo de visita.



Fotografía 15. Iniciación del equipo de medición con la LAP-TOP.



Fotografía 16. Captura de la información en Distrito de control.



Fotografía 17. Verificación del equipo en el Distrito de control de León.



Fotografía 18. Verificación del equipo de medición en Distrito de control residencial de Cd. Juárez, Chih.