



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO EN AGUAS SUPERFICIALES

MOD. IV HIDROMETRIA

Del 14 al 29 de septiembre de 2001

A PUNTES GENERALES

M. en I. Carlos Franco Ramírez
Comisión Nacional del Agua.
Septiembre /2001

Vertedores de Pared Gruesa

Estación hidrométrica. En las estaciones hidrométricas se miden los niveles alcanzados en una sección del río o canal y se afora el escurrimiento que pasa por la misma.

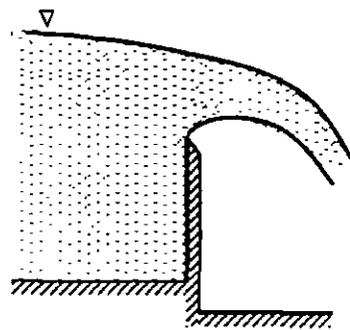
Se recomienda que la estación hidrométrica se coloque en un lugar accesible y estable; estas estaciones están constituidas por un tramo del cauce llamado "tramo de aforo", donde se practican todas las operaciones del aforo.

Aforar la corriente en una sección es determinar el volumen de agua que pasa por ella en la unidad de tiempo. Existen diferentes procedimientos para aforar, los cuales se pueden agrupar en los siguientes criterios:

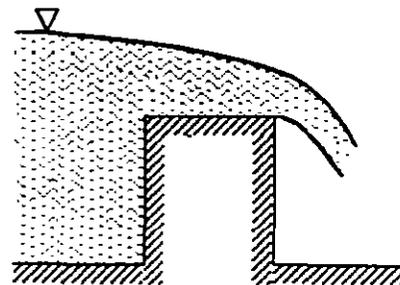
- a) Sección de control, es aquella en donde existe una relación única entre el tirante y el gasto. De las diferentes secciones de control que existen, las más comunes son los vertedores y las que producen un tirante crítico, como el estrechamiento del fondo del cauce, su elevación o una combinación de ambas.

Se le llama vertedor a un muro o estructura hidráulica en donde se descarga agua por encima de él. Existen vertedores de diferentes secciones como rectangular, triangular, trapecial, circular, etc., y todos ellos pueden ser de pared delgada o de pared gruesa.

Se dice que un vertedor es de pared delgada cuando la descarga se efectúa en una placa de arista aguda, por el contrario cuando la descarga hace contacto con toda una superficie, el vertedor es de pared gruesa. Ambos tipos pueden utilizarse como dispositivo de aforo en el laboratorio o en canales de pequeñas dimensiones, pero el segundo puede emplearse como obra de control o de excedencias en una presa y también de aforo en canales grandes.



Vertedor de pared delgada



Vertedor de pared gruesa

La ecuación para obtener el gasto en un vertedor de pared gruesa es la siguiente

$$Q = \varepsilon_1 C b h^{3/2}$$

donde

$$\varepsilon_1 = 0.7 + \frac{0.185}{e/h}$$

$$C = \frac{2}{3} \sqrt{2g\mu}$$

$$\mu = \left[0.6035 + 0.0813 \left(\frac{h + 0.0011}{w} \right) \right] \left[1 + \frac{0.0011}{h} \right]^{3/2}$$

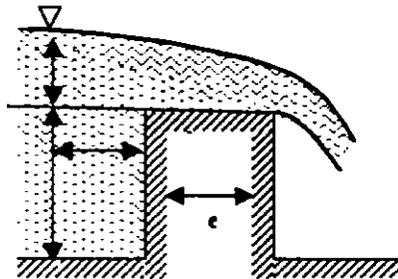
e espesor del vertedor de pared gruesa, en m

h nivel del agua por encima de la cresta del vertedor, en m

w altura de la cresta sobre el fondo del canal, en m

μ coeficiente de gasto para vertedores sin contracciones laterales, propuesto por Rehbock (1929)

Cuando $e/h < 0.67$, el chorro de agua se separa de la cresta y el funcionamiento es como el del vertedor de pared delgada. Cuando $e/h > 0.67$ la lámina vertiente se adhiere a la cresta por lo que funciona como vertedor de pared gruesa.



$$e/h > 0.67$$

- b) Relación sección-velocidad, consiste en medir la velocidad en varios puntos de la sección transversal y calcular el gasto por medio de la ecuación de continuidad, la cual se expresa de la siguiente manera:

$$Q = AV$$

Donde

Q gasto en la sección, en m^3/s

V velocidad media de la corriente, en m/s

A área de la sección transversal hasta el nivel del agua, en m^2

Como la velocidad es diferente en cada punto de la sección transversal, la ecuación resulta:

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i V_{mi}$$

donde

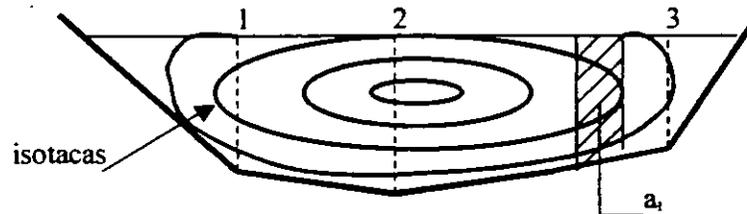
a_i área de la subdivisión i del área total

V_{mi} velocidad media en dicha área, calculada de la siguiente manera:

$$V_{mi} = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

donde

$V_{0.2}$ y $V_{0.8}$ son las velocidades medidas a profundidades de 0.2 y 0.8 del tirante.



Distribución de velocidades en una sección

Las velocidades se miden generalmente con molinetes, los cuales tienen una hélice que gira impulsada por la corriente y mediante un mecanismo eléctrico mide las revoluciones por minuto o por segundo con que gira la hélice. Posteriormente esta velocidad angular se transforma en m/s usando la fórmula de calibración del aparato proporcionada por el fabricante.

- c) Relación sección-pendiente. Cuando no se tiene ningún otro aforo y se necesita conocer el gasto máximo, se utiliza el método de sección-pendiente, para su aplicación solamente se necesita conocer la topografía de un tramo del cauce y las marcas del nivel máximo de agua durante el paso de la avenida. La determinación del gasto se hace empleando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

donde

V velocidad media de la corriente, en m/s

n coeficiente de rugosidad Manning
R radio hidráulico medio, en m
S pendiente hidráulica

Para la medición de los niveles del cauce se utilizan los siguientes instrumentos:

- a) Limnómetro. Es una regla graduada que se introduce a un costado de la corriente, en la cual se leen los niveles del agua. Generalmente en época de lluvias se toman lecturas cada dos horas durante el día y en época de estiaje una diaria. Como la avenida máxima puede no coincidir con alguna de las lecturas, es recomendable marcar el limnómetro con pintura soluble al agua y de esta manera saber el nivel máximo alcanzado.
- b) Limnógrafo. Es un aparato automático que registra de forma continua los niveles; consta de un flotador unido a una plumilla que marca los niveles del agua en un papel fijado a un tambor que gira mediante un mecanismo de relojería. También se coloca en las márgenes del cauce, unido por un tubo o zanja o bien dentro del cauce siempre y cuando se tenga en donde fijarlo para protegerlo de las avenidas máximas.



Estación hidrométrica de la cuenca del río Mixcoac



Limnógrafo de la estación hidrométrica del río Mixcoac



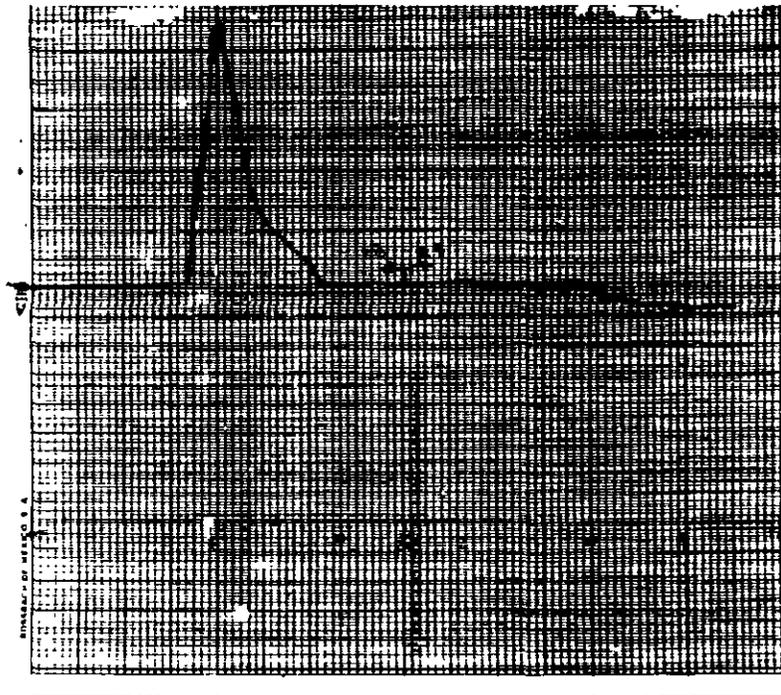
Vertedor de la estación hidrométrica del río Mixcoac

Registros de escurrimiento

Los registros del limnógrafo, se presentan en forma gráfica, dibujada en una hoja cuadrículada, que relaciona los niveles del cauce con respecto al tiempo, a esta gráfica se le llama limnigrama.

El limnógrafo de la cuenca del río Mixcoac, registra de forma continua, la hoja del registro es cambiada cada 24 horas, por lo general a las diez de la mañana.

En la parte de atrás de los registros se escribe el nombre de la estación, el nombre del observador, la hora inicial y final de la lectura, la fecha y la escala.

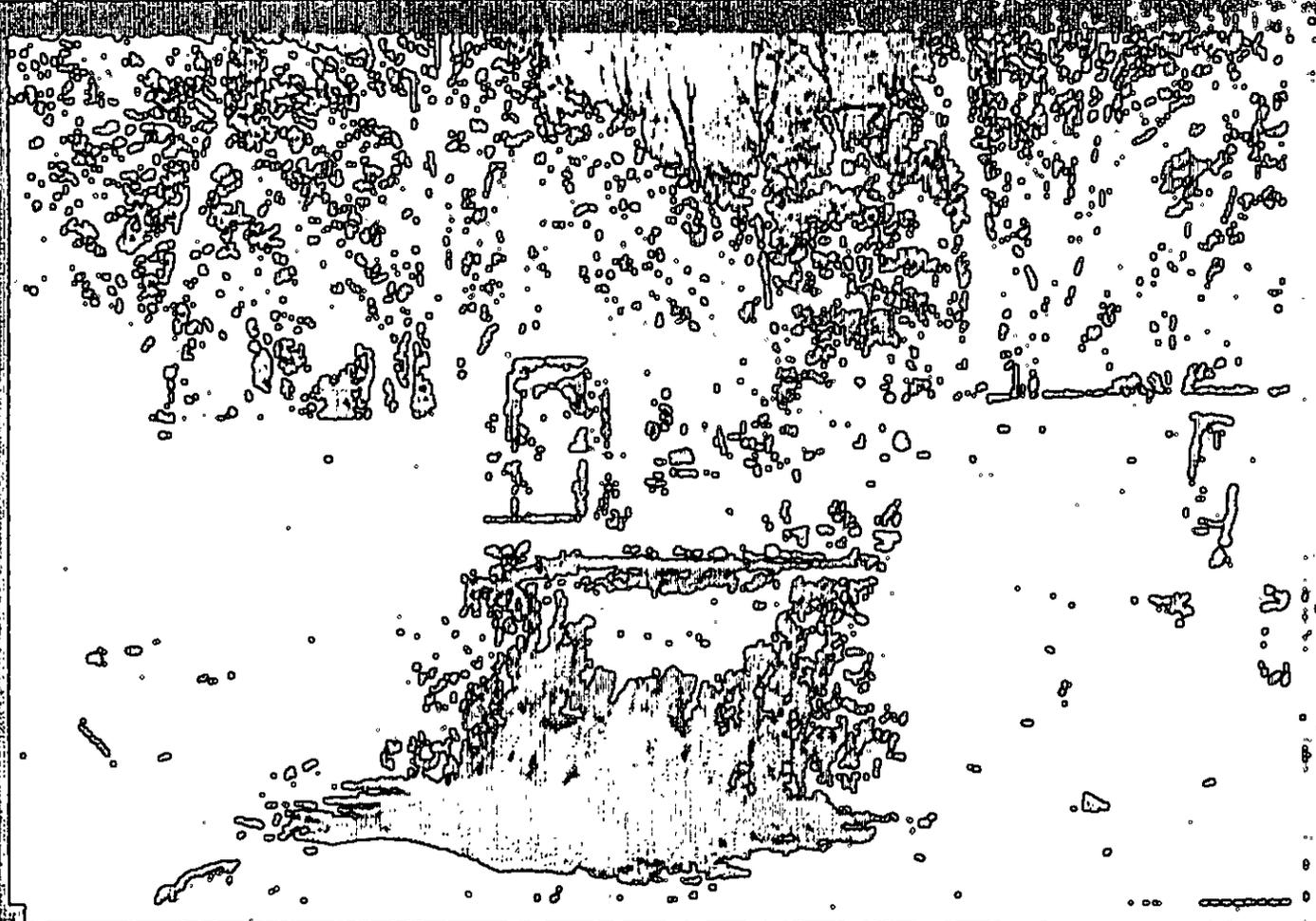


Registro del Limnógrafo

**Macrocircuito de
Distribución de Agua
Potable. Estado de
México**

**Estaciones
Hidrométricas en la
Zona Poniente del
Distrito Federal**

ESTACION HIDROMETRICA MACBALENA



BOYON
Caudal de agua en el vertedero de la Estacion Hidrometrica

BOYON
Caudal de agua en el vertedero de la Estacion Hidrometrica

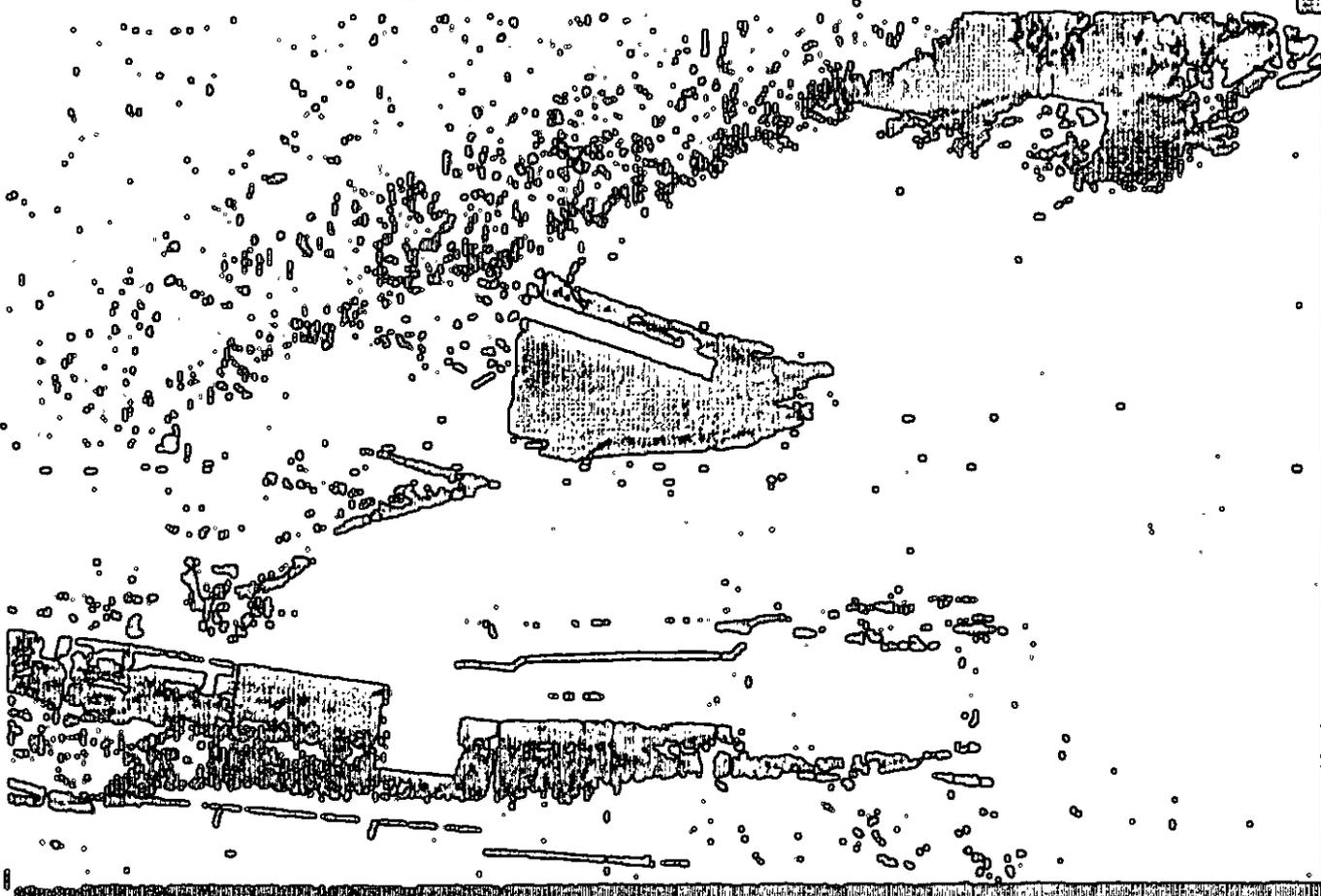


FOTO 4
 Vista del sensor de pared que se encuentra
 a una altura de 5.0 metros sobre el nivel del suelo.

RECORRIDOS DE CAMPO

FOTOFID

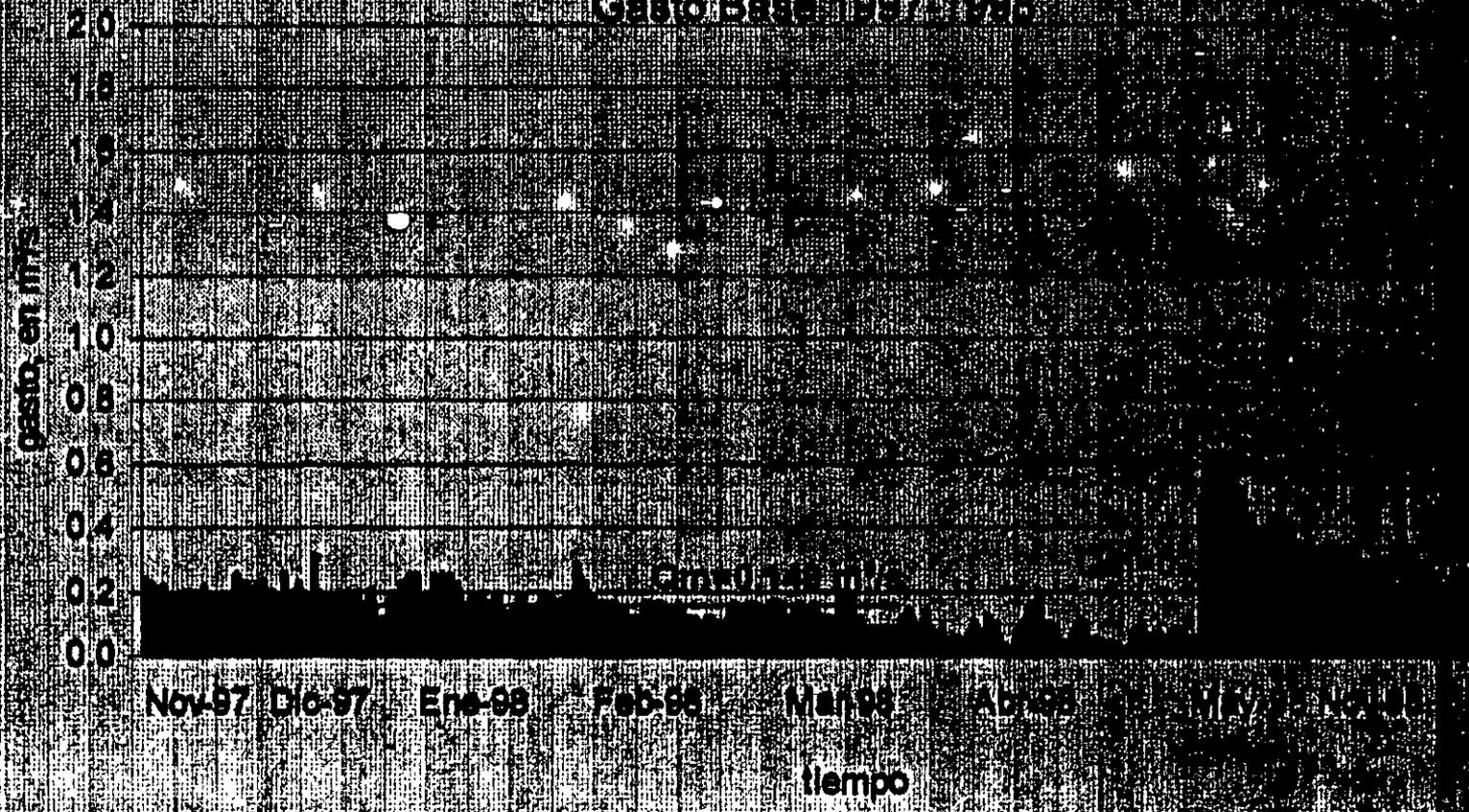
Vista general de la estación San Angel Inn



ESTACIÓN HIDROMETÉOROLÓGICA SAN ANGELES INN

ESTACION HIDROMETRICA MAGDALENA

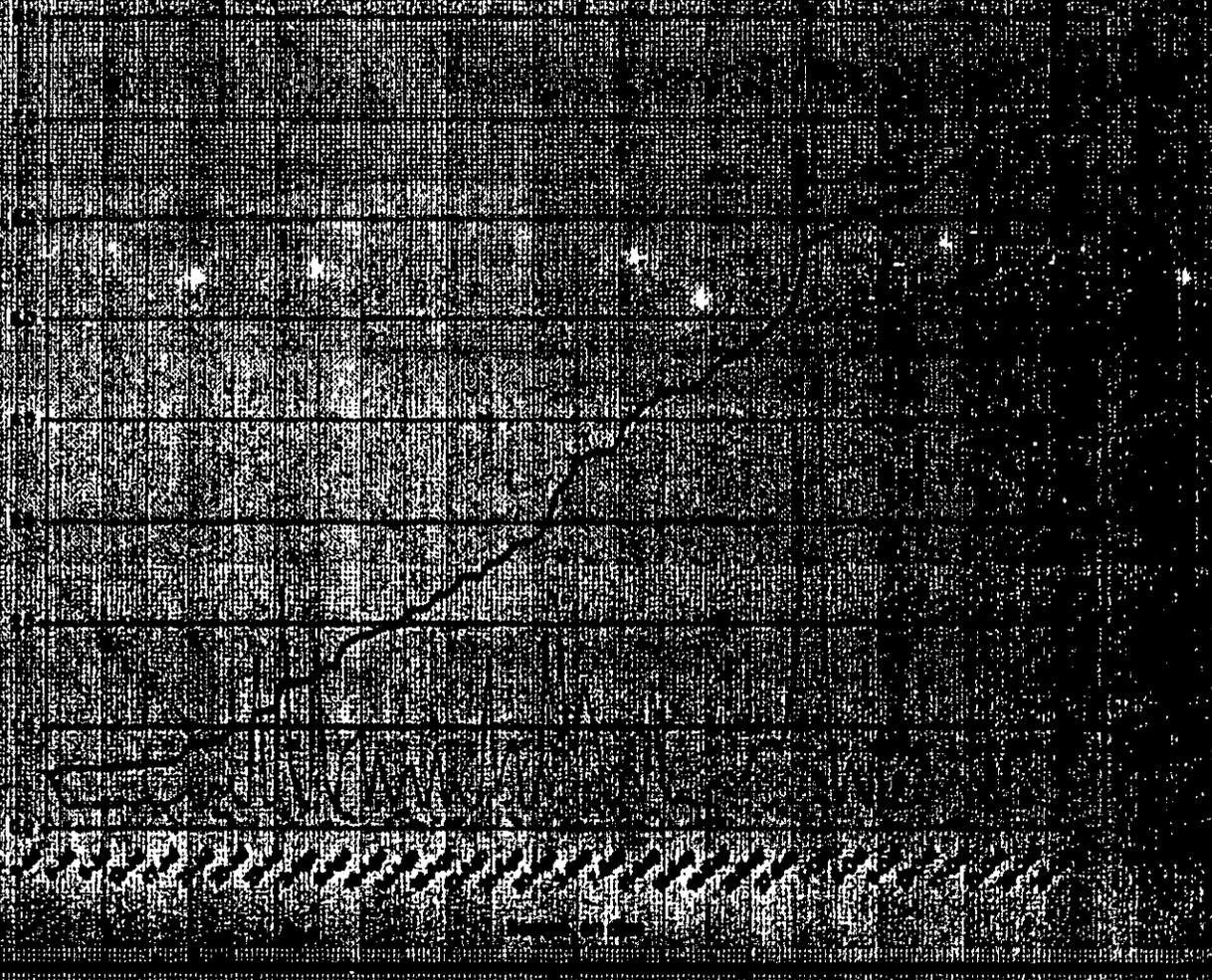
Gasto Base 1997-1998



OPERACION DE LAS ESTACIONES

ÉPOCA DE LLUVIAS

VARIACION DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
CON RESPECTO A LA LLUVIA ACUMULADA EN
CASTO MEDIO DEL
Español Hainp...



COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO...

RESUMEN DE COEFICIENTES

RIO MAGDALENA

Cc	1997	1998	1999
Máximo	0.012	0.012	0.012
Medio	0.010	0.010	0.010
Mínimo	0.008	0.008	0.008

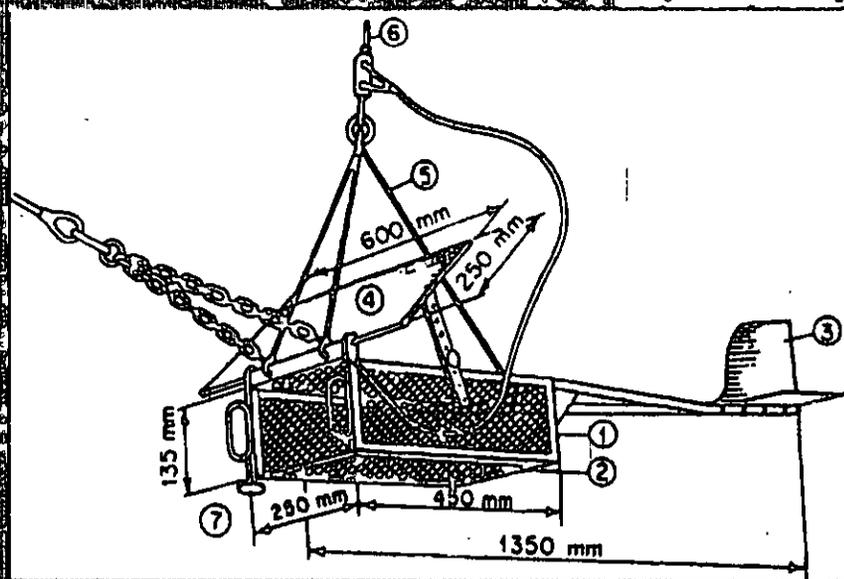
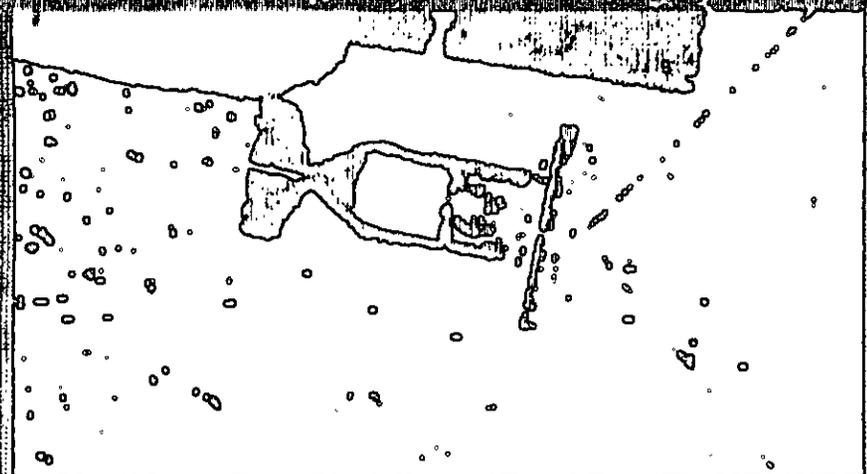
RIO MINCAO

Cc	1997	1998	1999
Máximo	0.012	0.012	0.012
Medio	0.010	0.010	0.010
Mínimo	0.008	0.008	0.008

ARROYO PUERTA GRANDE

Cc	1997	1998	1999
Máximo	0.012	0.012	0.012
Medio	0.010	0.010	0.010
Mínimo	0.008	0.008	0.008

RESUMEN DE COEFICIENTES

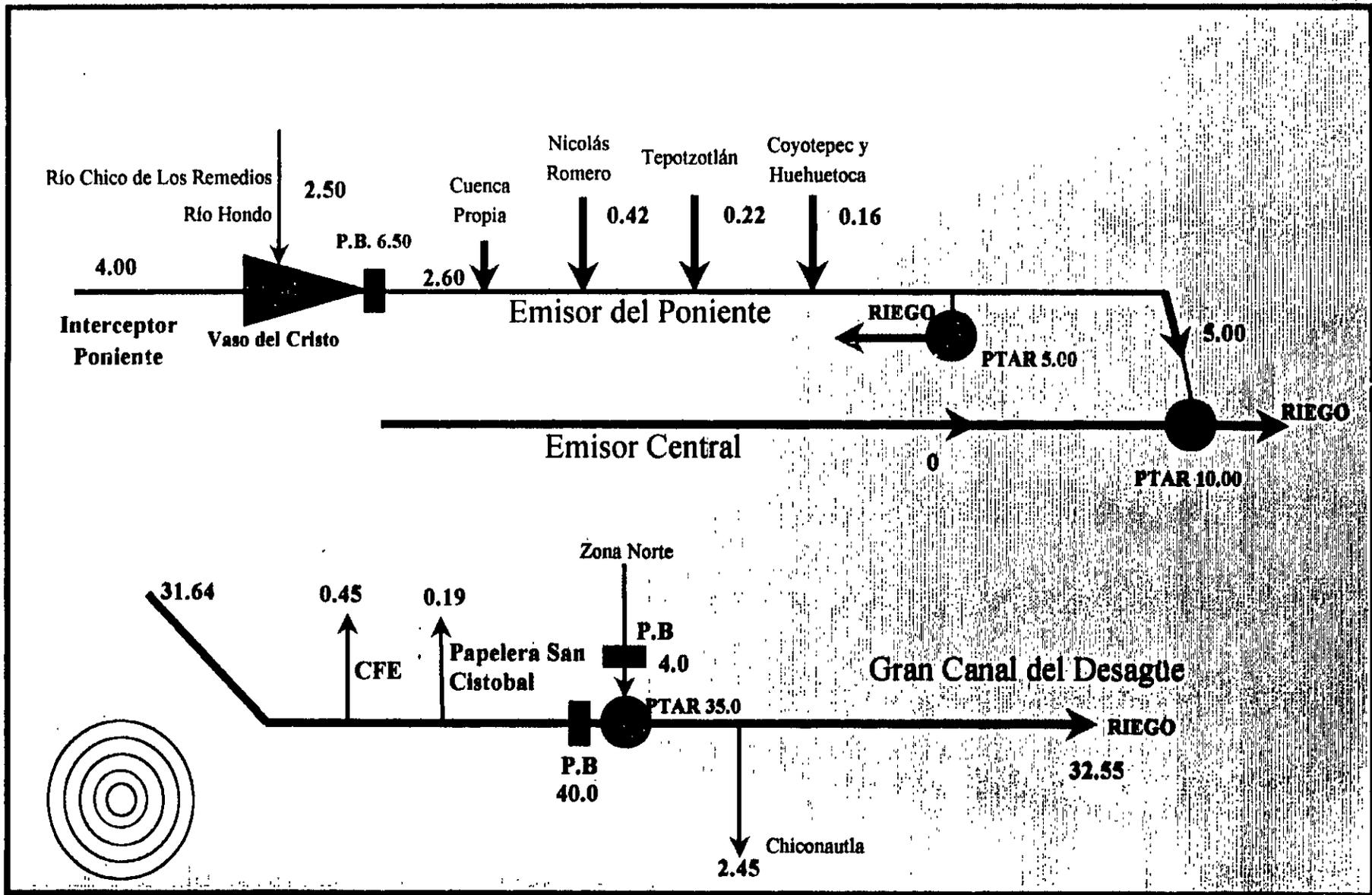


DISPOSITIVO DE
MUEHCHOFER

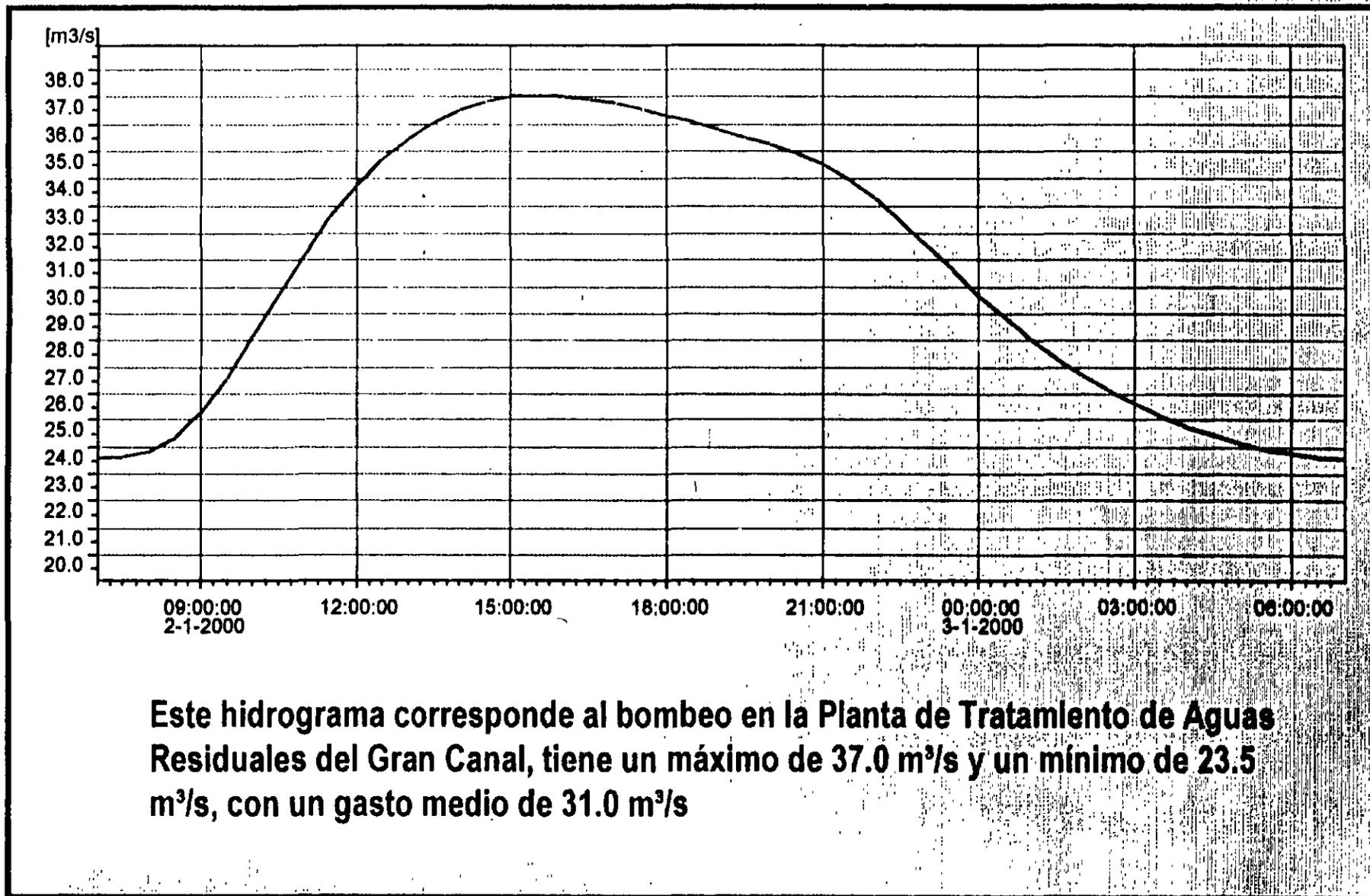
Saneamiento del Valle de México

Santa Catarina Iztapalapa

MANEJO DE GASTOS DE AGUAS NEGRAS EN ESTIAJE

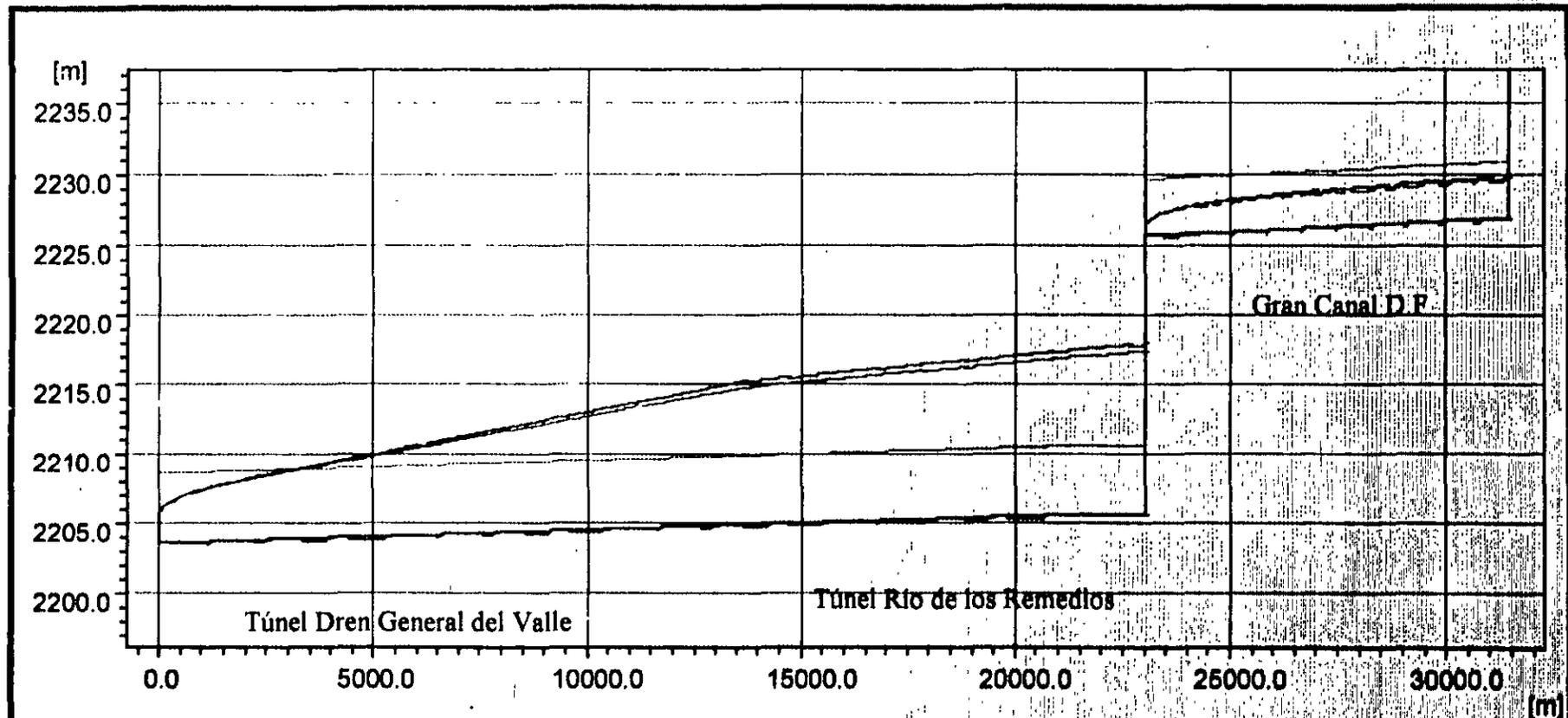


HIDROGRAMA DE SALIDA PLANTA TEXCOCO NORTE



Este hidrograma corresponde al bombeo en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Gran Canal, tiene un máximo de 37.0 m³/s y un mínimo de 23.5 m³/s, con un gasto medio de 31.0 m³/s

PERFIL TÚNEL Y GRAN CANAL DISTRITO FEDERAL



Perfil máximo del agua en el Túnel y Gran Canal en el Distrito Federal, obtenido del tránsito de los hidrogramas diarios de las aguas negras que descargan al Gran Canal del Desagüe.

Para el Gran Canal en el Distrito Federal se muestran la posición de la parte superior del encajonamiento.

OBRAS DE DRENAJE

ESQUEMA GENERAL DEL DRENAJE DE LA ZONA ORIENTE



SIMBOLOGIA	
○	LUMBRERA
□	PLANTA DE BOMBEO
—	VALIDADES
—	GRAN CANAL DEL DESAGÜE
—	RECTIFICACION RIO DE LOS REMEDIOS
—	RIO CHURUBUSCO
—	TUNEL DREN GENERAL DEL VALLE
—	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS
—	PLANTA DE TRATAMIENTO

Datos Faltantes
Escurrimientos Sistema
Cutzamala

GENERACIÓN DE ESCURRIMIENTOS CON APLICACIÓN A DOS SUBCUENCAS DEL SISTEMA CUTZAMALA

Objetivo: Determinar los escurrimientos que se generan en la cuenca de captación de dos subcuencas del Sistema Cutzamala, es decir completar los registros de escurrimiento para los años de 1986-1994. Con estos datos se podrán efectuar los análisis de simulación del funcionamiento de las presas para el aprovechamiento óptimo de sus caudales para el abastecimiento de agua potable a la Ciudad de México.

• Introducción

• Información disponible

• Metodología aplicable

• Generación de gastos diarios en la estación U. Comunidad

• Generación de volúmenes mensuales en la estación Zitácuaro

• Conclusiones y Recomendaciones

METODOLOGÍA APLICABLE MÉTODOS APLICADOS EN LA GENERACIÓN DE ESCURRIMIENTOS

COEFICIENTES DE ESCURRIMIENTO:

La diferencia entre el volumen de agua que llueve en una cuenca y el que escurre por su salida recibe el nombre genérico de pérdidas. La infiltración juega un papel importante en la relación lluvia-escorrimento. En general, el volumen de infiltración es varias veces mayor que el de escurrimento durante una tormenta dada.

Existen varios factores que afectan la capacidad de infiltración, los cuales varían de una cuenca a otra. Con este criterio, se supone que las pérdidas son proporcionales a la intensidad de lluvia:

$$f = (1 - C_e) i, \text{ es decir } r = C_e i$$

donde

f = infiltración
 i = intensidad
 r = pérdidas

Donde, la constante de proporcionalidad C_e (en unidades de m^3/m^3) se denomina coeficiente de escurrimento, también se puede definir como

$$C_e = \frac{V_e}{V_l}$$

donde:
 V_e = volumen de escurrimento directo
 C_e = coeficiente de escurrimento
 V_l = volumen llvido

también

$$C_e = \frac{V_e}{V_g}$$

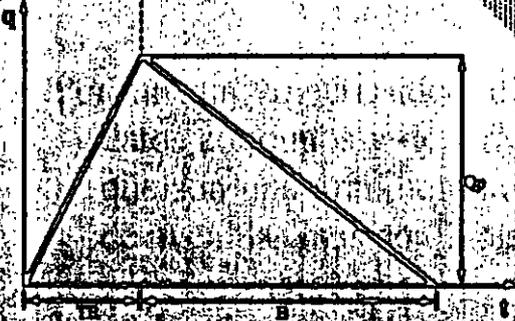
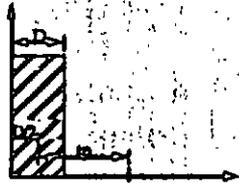
V_l = volumen llvido en el período 1936-1994
 V_g = volumen generado en el período 1936-1994

El volumen llvido se obtiene como la altura de precipitación por el área de influencia de las estaciones, definida como el Método de los Polígonos de Thiessen. El volumen de escurrimento directo es el registrado en la estación menos el dato base.

METODOLOGÍA APLICABLE MÉTODOS APLICADOS EN LA GENERACIÓN DE ESCURRIMIENTOS

SOIL CONSERVATION SERVICE.

Basado en un hidrograma adimensional, desarrollado con un gran número de hidrogramas unitarios triangulares.



donde $Q = \frac{P^2 (S+1)}{2.48 Y^{0.5}}$

$B = 1.67 \cdot T$

$T_r = \frac{T}{2}$

Soil Conservation Service, adopta una relación entre la tormenta acumulada total P , el escurrimiento Q , y la infiltración más la pérdida inicial $(P + I_a)$ para el cálculo del escurrimiento. Es decir:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{2.48 Y^{0.5}}$$

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{2.48 Y^{0.5}}$$

Clase de terreno	Factor de escurrimiento	Factor de infiltración	Factor de pérdida inicial
Terreno muy permeable	0.10	0.10	0.10
Terreno permeable	0.20	0.20	0.20
Terreno moderadamente permeable	0.30	0.30	0.30
Terreno poco permeable	0.40	0.40	0.40
Terreno impermeable	0.50	0.50	0.50

METODOLOGÍA APLICABLE

MÉTODOS APLICADOS EN LA GENERACIÓN DE ESCURRIMIENTOS

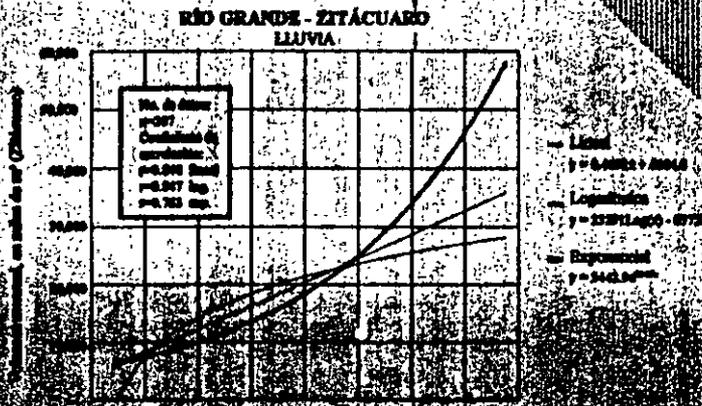
CORRELACIÓN Y REGRESIÓN.

Regresión:

- Para evaluar una relación entre dos variables, aquí se presenta un método para obtener la línea de regresión particular (o línea de mejor trazo o línea de mínimos cuadrados) que representa la relación.
- Ahora, se quiere una ecuación de la forma $y = mx + b$, donde m y b son la pendiente y la ordenada al origen, respectivamente, de la línea de regresión exacta, empleando únicamente muestras de datos, se pueden encontrar sus puntos estimados m y b usando las siguientes fórmulas.

$$m = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$



Correlación:

La correlación y los diagramas de dispersión son herramientas que sirven para decidir si existe alguna relación lineal entre dos variables. Para poder emplear estas herramientas y la muestra de datos debe estar recabada en pares.

Para análisis más precisos y objetivos, uno debe tener como finalidad el cálculo del coeficiente de correlación lineal, que es generado por la línea de mejor trazo dado por la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

$y = mx + b$ Regresión Lineal
 $y = m \log x + b$ Regresión Logarítmica
 $y = a e^{mx}$ Regresión Exponencial

Escurremientos históricos en la estación 0187.
 Escurremientos generados en el periodo 1988-1994.

METODOLOGÍA APLICABLE MÉTODOS APLICADOS EN LA GENERACIÓN DE ESCURRIMIENTOS

BALANCE HÍDRICO EDAFOLÓGICO

LATITUD (GRADOS)	VALORES DE K _a
0	0.25
10	0.30
20	0.35
30	0.40
38	0.45
40	0.50
48	0.55
50	0.60

El término "Balance Hídrico" fue utilizado en 1944 por el meteorólogo C.W. Thornthwaite, para referirse al balance o contabilidad entre las entradas de agua por precipitación y las salidas, debidas éstas a evapotranspiración y permite calcular un registro continuo de humedad en el suelo, evapotranspiración real, recarga del agua subterránea y escurrimiento.

Con esta serie de datos y parámetros se ven por el cálculo la cifra de evapotranspiración (ETP) mediante el método de Thornthwaite:

$$ETP = 1.5K_a \left(\frac{P}{T} \right)^2$$

Procedimiento de calculo:

- Obtener para la cuenca un censo de suelos y sus coberturas, incluyendo la extensión territorial de cada uno. Con la información anterior, se estiman capacidades de retención de humedad en cada suelo, expresándolas en milímetros.
- La evapotranspiración potencial para cada mes del registro anual se estima en base al método de Thornthwaite. Para obtener la evapotranspiración potencial en la cuenca se ponderan los valores estimados, lo anterior por medio de la técnica de polígonos de Thiessen.

donde:

$$K_a = 0.75 + 0.0075(P - 77) \quad (0.5 \leq P \leq 142)$$

Al determinar la precipitación mensual por la cuenca, por ejemplo, a través de los polígonos de Thiessen.

Finalmente, el escurrimiento directo se calcula de la siguiente manera:

$$E = 0.5(P - ETP)$$

El calculo del indice de eficiencia de temperaturas, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$I = \left[\frac{T_j}{5} \right]^{1.514}$$

donde, T_j temperatura media en el mes j, en °C, k_a es una constante que depende de la latitud y del mes del año, estos valores se muestran a continuación

- E Escurrimiento directo en mm, en el periodo de 1986-1994
- P Precipitación en mm, en el periodo de 1986-1994
- ETP Evapotranspiración en mm
- 0.5 Factor que toma en cuenta las pérdidas por retención en depresiones e infiltraciones

INFORMACIÓN DISPONIBLE

ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO

Para analizar una cuenca correspondiente a una obra hidráulica, resulta necesario definir algunos índices los cuales nos servirán para describir sus características

- Tipo y forma de la cuenca
- Elevación media de la cuenca
- Pendiente de la cuenca
- Tipos y usos del suelo
- Longitud y pendiente del cauce principal
- Densidad de corrientes
- Densidad de drenaje

La respuesta de una cuenca ante una tormenta dada están controladas por las características geomorfológicas y su urbanización, y se pueden clasificar en dos tipos; las primeras que condicionan el volumen de escurrimiento, como el tipo de suelo y el área de la cuenca, y las segundas las que condicionan la velocidad de respuesta (el orden de corriente, cauces, pendiente de la cuenca y de la corriente principal).

ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTOS

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hacia la salida de la cuenca

Diferentes tipos de escurrimiento

- Escurrimiento superficial
- Escurrimiento Subsuperficial
- Escurrimiento subterráneo

El propósito de la representación es conocer el régimen de una corriente que se define como la variación del gasto respecto al tiempo.

La representación gráfica del escurrimiento se hace a través de un hidrograma

Tipos de abscisa

- Sección control
- Relación sección-pendiente
- Relación sección-velocidad

INFORMACIÓN DISPONIBLE

ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

Componentes de una estación hidrométrica:

- Las secciones o secciones del cauce en las que hacen los aforos.
- Una estructura que se aprovecha o destina especialmente para hacer las maniobras "estructura de aforo" (puente pasarela, sistema de cable y canastilla).
- Reglas graduadas llamadas escala, debidamente referidas a puntos fijos de nivel, para observar en ellas la elevación del nivel del agua en periodos determinados.
- El equipo y útiles necesarios para la medición de la sección y la velocidad de la corriente.
- Un aparato registrador de las alturas del agua (anemógrafo).

Parámetros para la elección del tramo:

- Ubicación
- Acceso
- Estructura
- Escurrimiento
- Tramo de aforo
- Forma de la sección
- Control

La operación de una estación hidrométrica puede dividirse en cinco partes principales que son:

- 1.- La obtención sistemática de los niveles del agua.
- 2.- La práctica sistemática de los aforos.
- 3.- La inspección periódica de la estación hidrométrica.
- 4.- La conservación en buen estado de la estación en general.

La operación de una estación hidrométrica es inevitable tener que vencer dificultades, unas de carácter técnico y otras de orden humano, siendo importantes unas como otras.

ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

La precipitación es el término general que abarca todas las formas de humedad que emanan de las nubes y caen en la superficie terrestre.

Medición de la precipitación:

Se han desarrollado gran variedad de instrumentos y técnicas para recoger información al respecto acerca de la precipitación.

Tipos de precipitación:

El análisis de los datos de precipitación se puede hacer de dos maneras: a) Para estudiar la lluvia sola durante un periodo dado de tiempo, b) Para estudiarla en conjunto con otros generalizados.

Medios de medición de la precipitación: a) Pluviómetro, b) Pluviógrafo, c) Pluviómetro de tipo de aforo, d) Pluviómetro de tipo de registro, e) Pluviómetro de tipo de registro automático, f) Pluviómetro de tipo de registro automático con registro de datos en cinta.

El análisis de lluvia en una estación puede ser de influencia de la estación, a) El estudio de la estación, b) El estudio de la estación.

Estación Climatológica

Las estaciones climatológicas son lugares donde se miden los datos de precipitación diaria, mensual y anual. Los datos se miden en las máximas, mínimas y media de evaporación, insolación, días de evaporación, viento y humedad relativa.

CONCLUSIONES

En vista de los resultados del presente estudio se concluye lo siguiente:

- **Método de Coeficientes de Escorrimento**

- Los resultados obtenidos con el método de coeficientes de escorrimento son muy similares a los escorrimentos aferados, salvo algunas avenidas extraordinarias

- **Método de Correlación y Regresión Lineal, Logarítmica y Exponencial**

- Los resultados se dan a partir de datos de cuencas vecinas. Los gastos generados para la cuenca La Comunidad quedaron del orden de los históricos. Mientras que los volúmenes obtenidos para la estación Zitácuaro son un poco más grandes con respecto a los históricos.

- **Método del Soil Conservation Service y Método del Balance Hídrico**

- Se desarrollan a partir de la información detallada de las características físicas de la cuenca

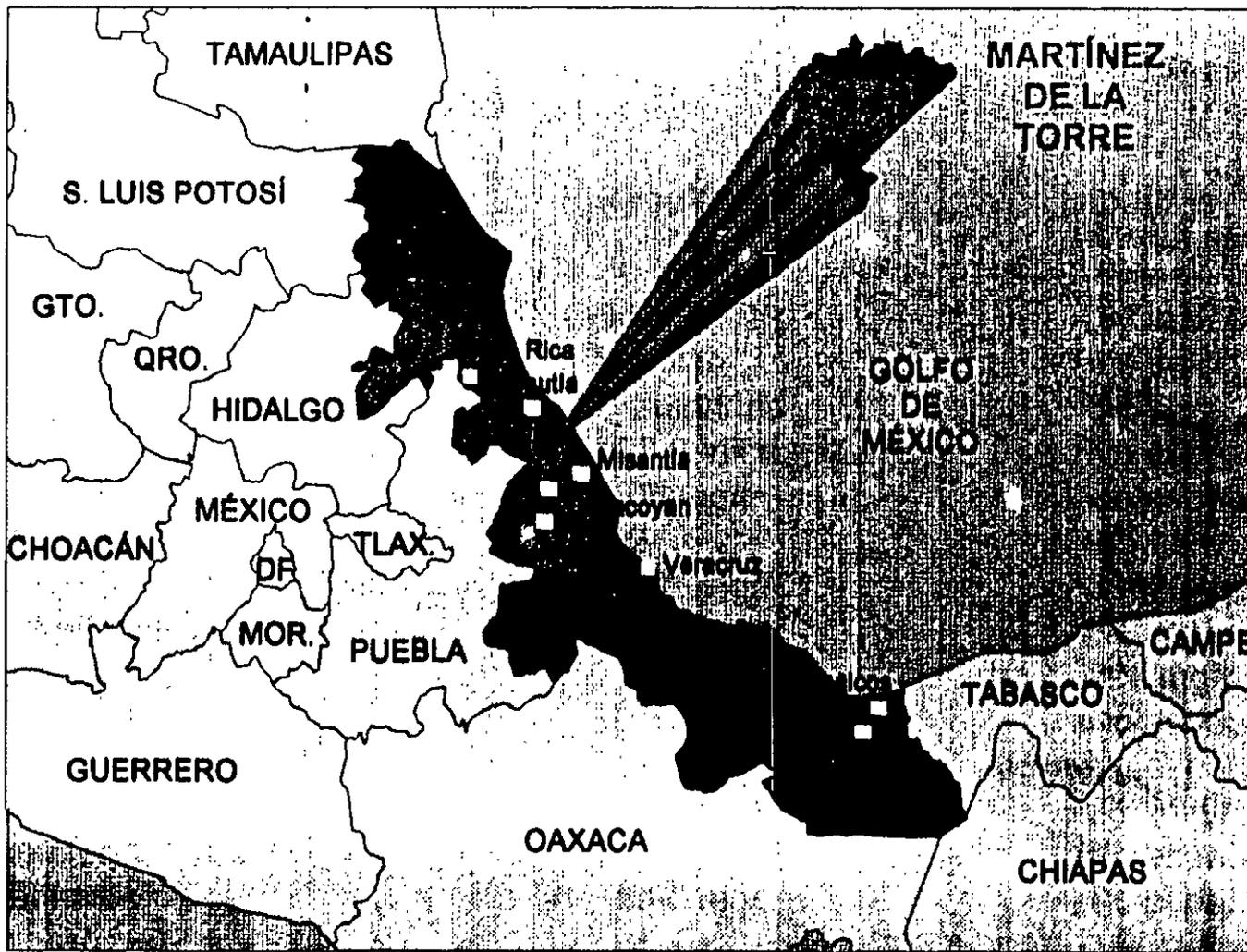
- Estos métodos son los más completos, ya que ofrecen un conocimiento detallado del proceso de precipitación-escorrimento

- Cuando no se tiene la información detallada de la cuenca, no es recomendable aplicar estos métodos

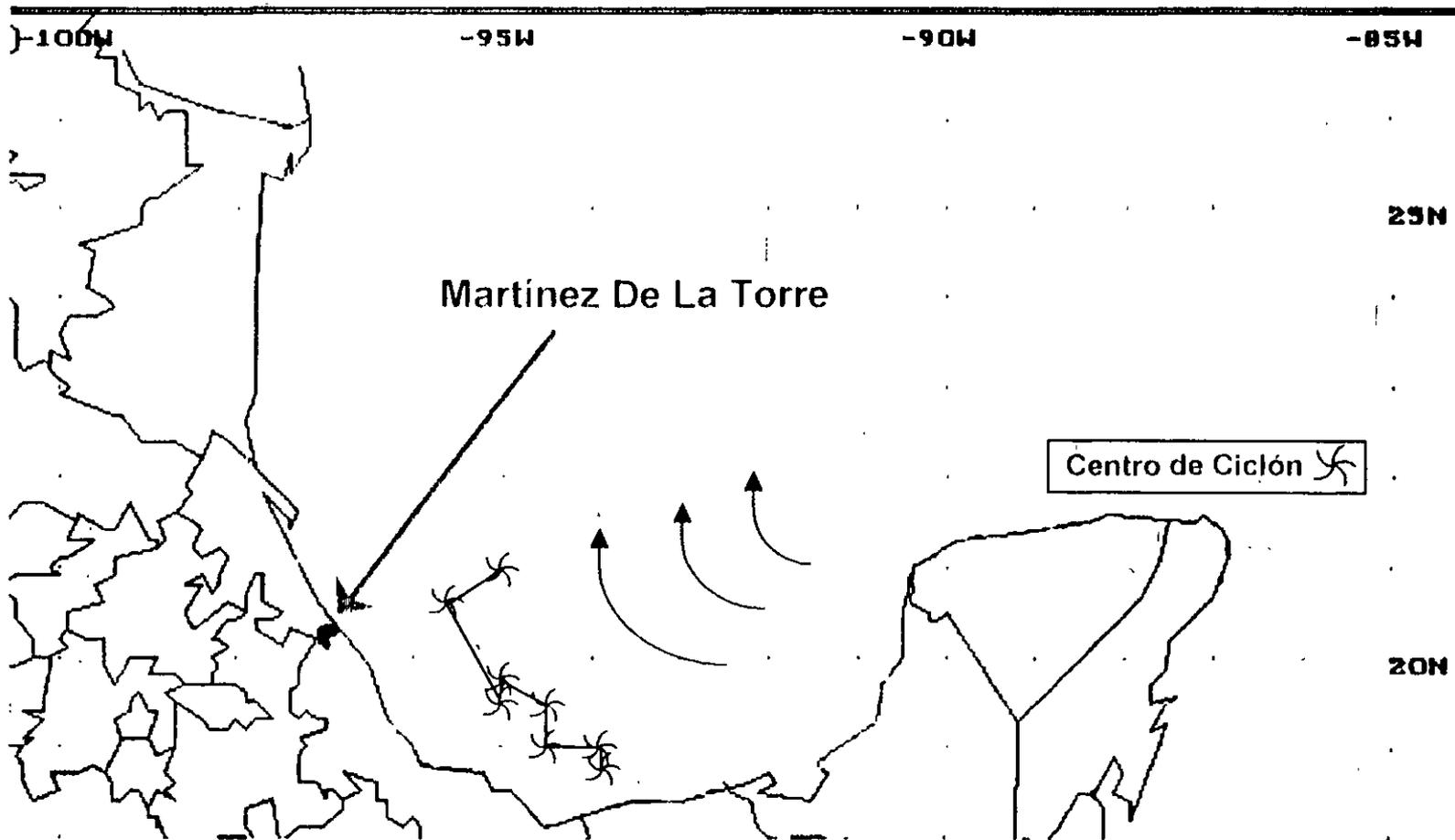
RECOMENDACIONES

- Es recomendable la rehabilitación de las dos estaciones en estudio, así como de algunas que pertenecen a las cuencas del Sistema Catzamala, esto con el objetivo de contar con información veraz y continua.
- Otra solución es la conservación y mantenimiento de las estructuras de auto registro y de los instrumentos de medición tanto hidrométricos como pluviométricos.
- Por tal motivo sería ideal contar con sistemas de información hidrológica que proporcione grandes cantidades de datos continuos y de mayor calidad, pues los actuales son muy limitados. Al contar con estos datos que son una gran herramienta para la obtención de escurrimientos, se podrán realizar proyecciones de avenidas más confiables y por lo tanto mejores diseños de las obras hidráulicas.

Emergencia 1999
Martínez de la Torre,
Veracruz

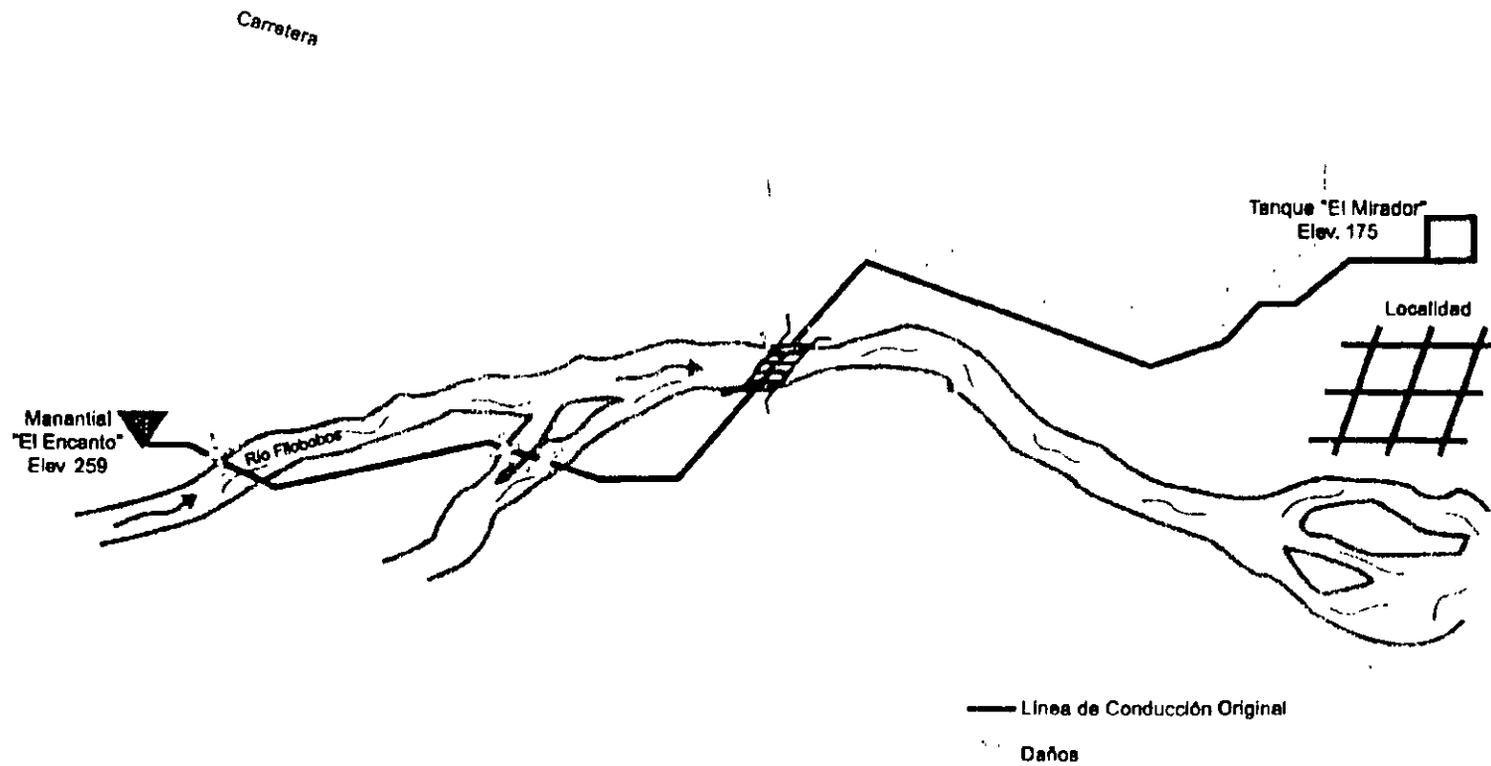


TRAYECTORIA DE LA DEPRESIÓN TROPICAL No. 11



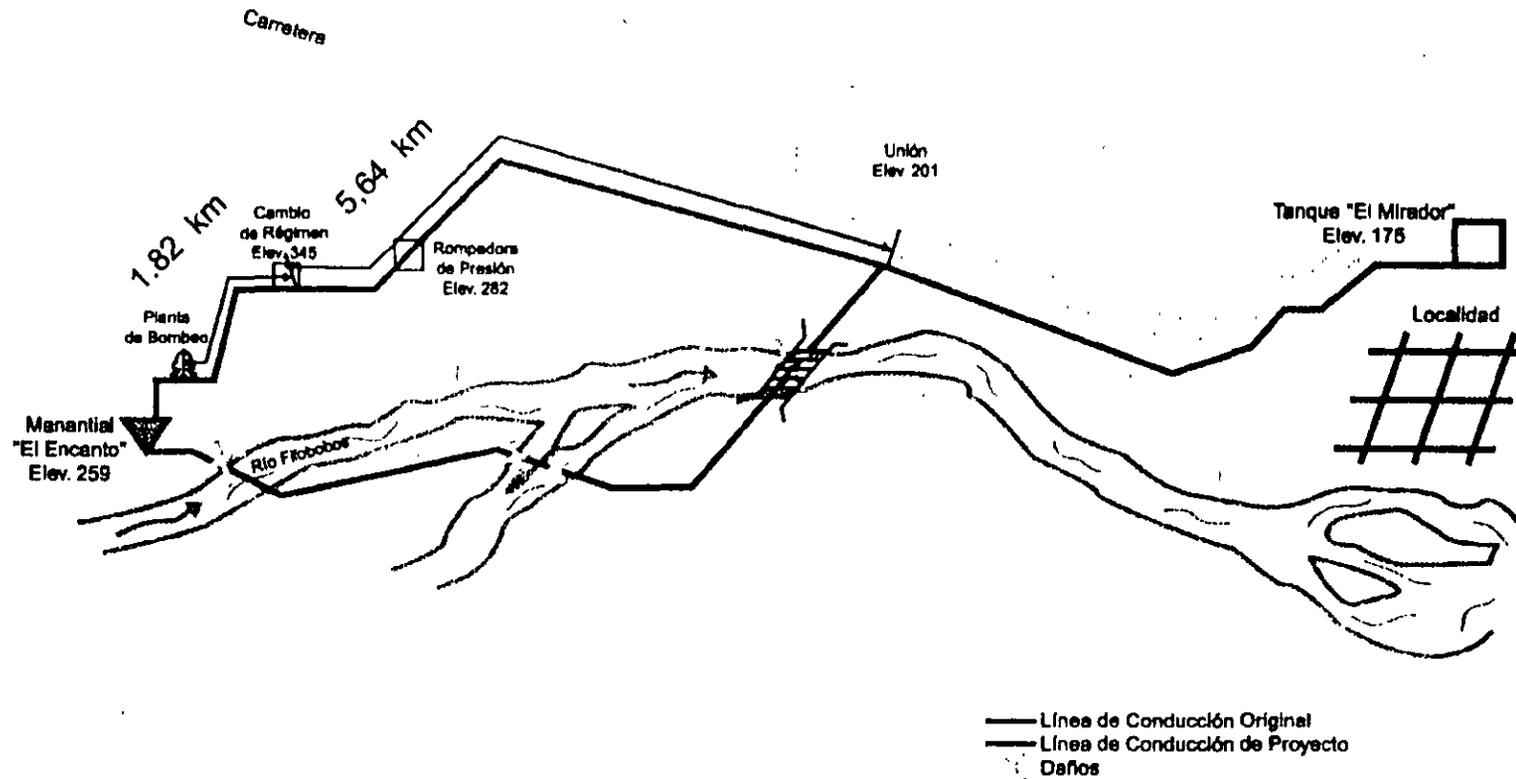
ESQUEMA LÍNEA ORIGINAL

ACUEDUCTO "EL ENCANTO" MARTINEZ DE LA TORRE

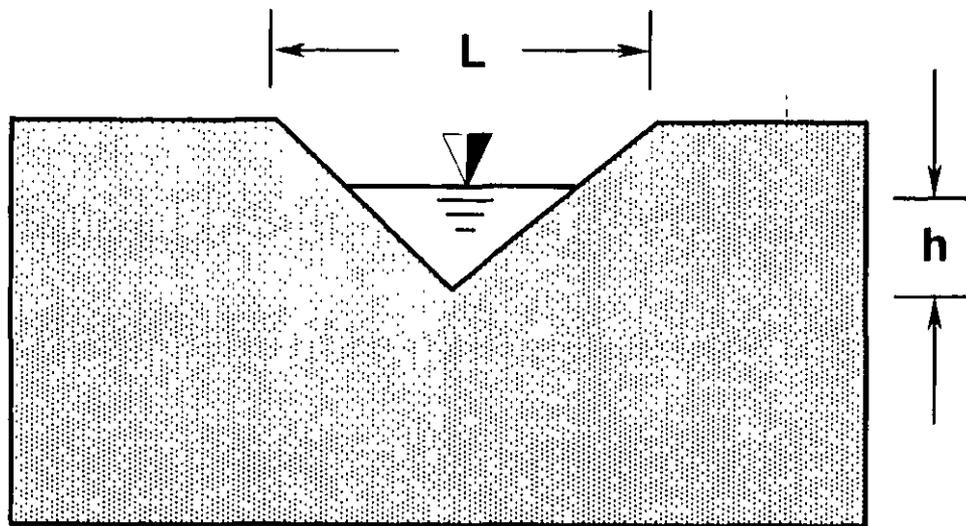


ESQUEMA LÍNEA ORIGINAL Y DE PROYECTO

ACUEDUCTO "EL ENCANTO" MARTINEZ DE LA TORRE



AFOROS EN EL MANANTIAL



Gasto Aforado

$$Q = 155 \text{ l/s}$$

Organismo Operador

$$Q = 200 \text{ l/s}$$

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot \lambda \cdot L \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

AFOROS EN EL MANANTIAL

Vertedor Triangular



CALIDAD DEL AGUA

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

Determinación	Resultados	Límites NOM-127-SSA1-1997
Color (escala Pt-Co)	0 Unidades	15 Unidades
Sabor	Insípido	Insípido
Turbiedad (escala SiO ₂)	0 Unidades	5 UTN
Conductividad Eléctrica	122.9 micromhos/cm	No especificado
Oxígeno Libre	2.08 mg/l	No especificado
PH	7.2	6.5 - 8.5
Dureza Total (como Ca CO ₃)	45.41 mg/l	50000 mg/l
Dureza de Calcio	12.51 mg/l	No especificado
Sodio	7.545 mg/l	200 mg/l
Calcio	12.51 mg/l	No especificado
Hidróxidos	0	No especificado
Cloruros (como CL)	3.48 mg/l	250 mg/l
Carbonatos	0	No especificado
Bicarbonatos	45.32 mg/l	No especificado

CALIDAD DEL AGUA

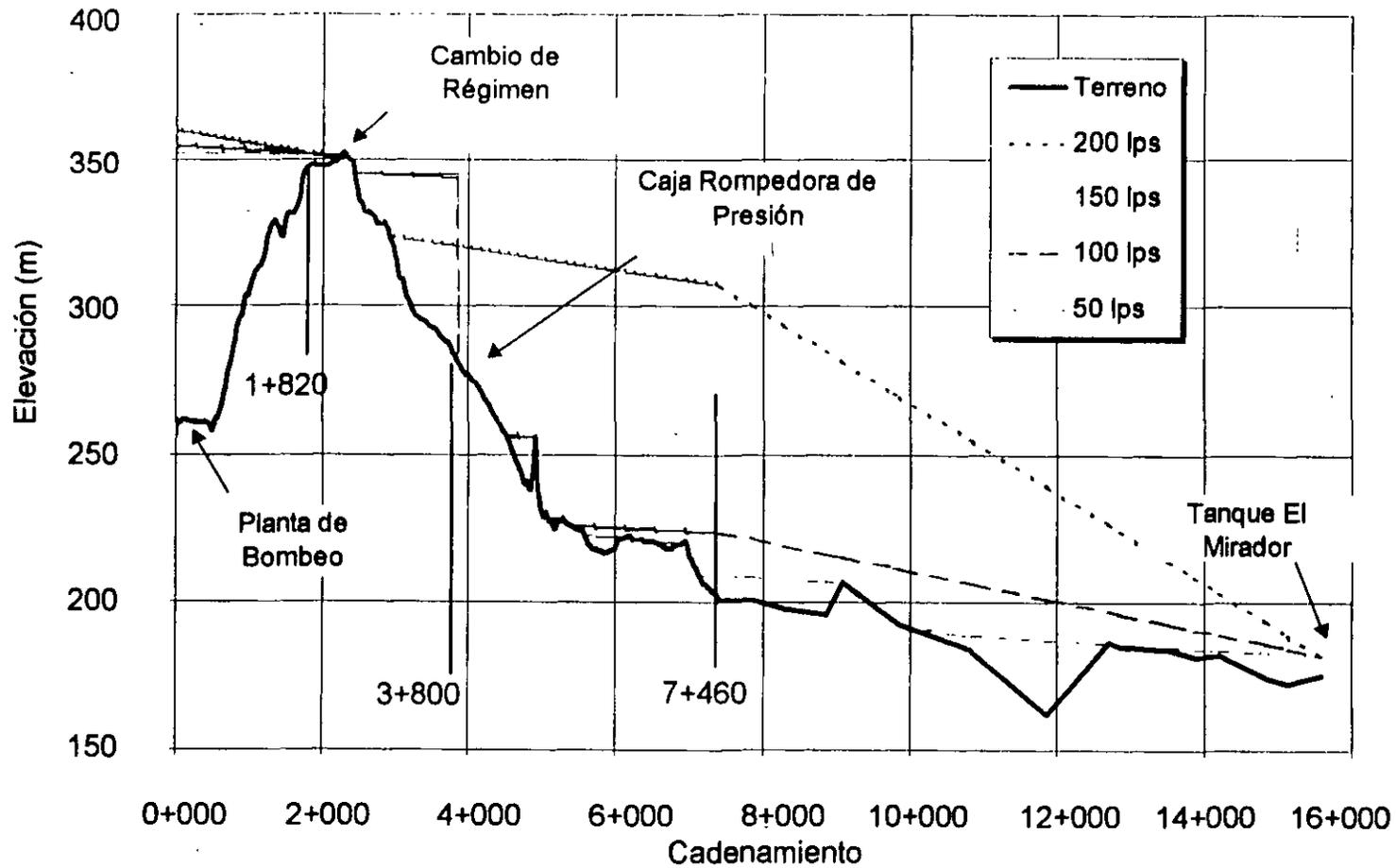
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Determinación	Resultados	Límites NOM-127-SSA1-1994
Organismos coliforme	No detectable NMP/100 ml	2.0 NMP/100 ml
Coliformes fecales	No detectable NMP/100 ml	No detectable NMP/100 ml
Vibrio Cholerae	Negativo	Negativo

El resultado de organismos coliformes totales y fecales se reporta como Número Más Probable en 100 m/l (NMP / 100 ml).

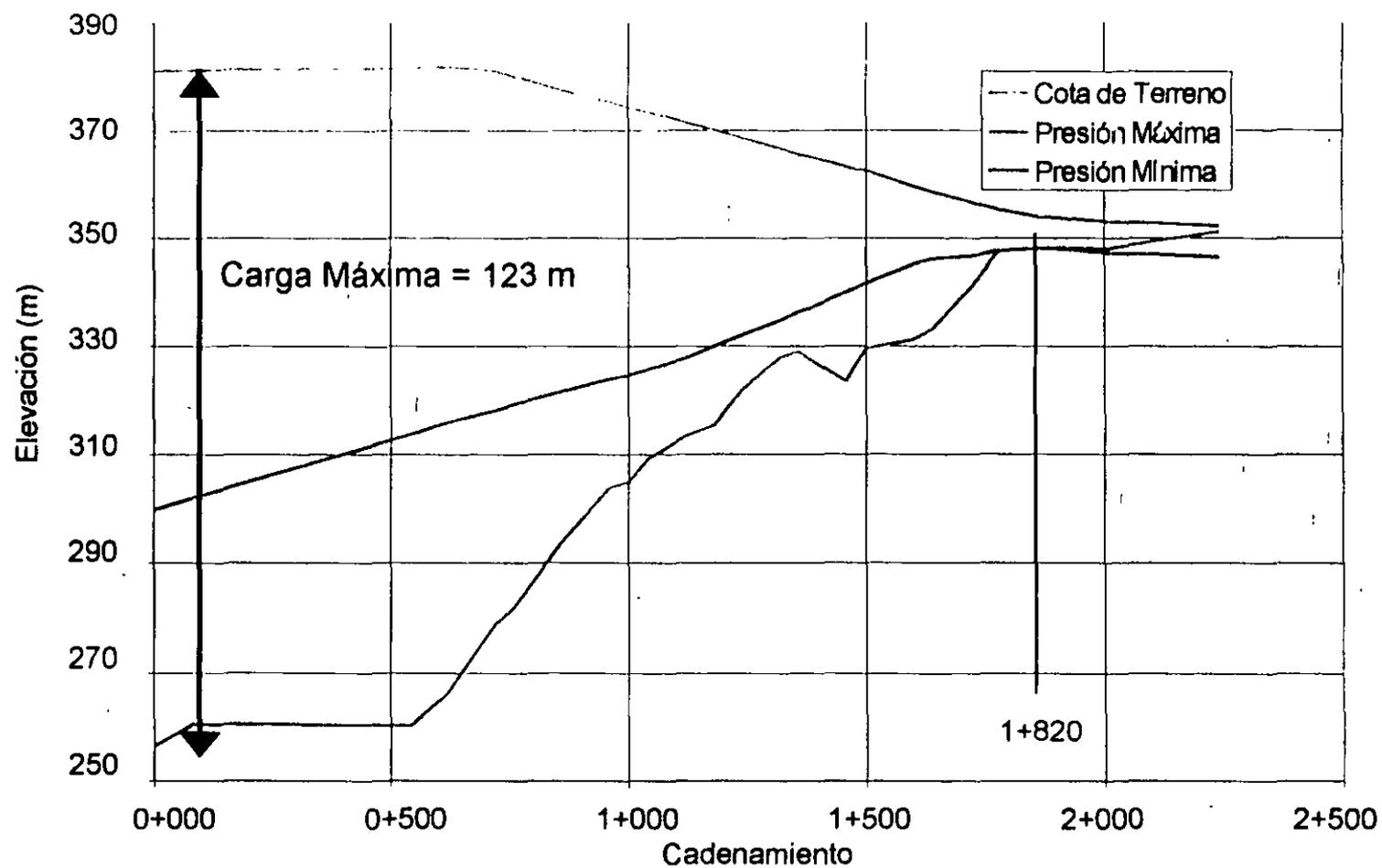
DISEÑO HIDRÁULICO

Funcionamiento Hidráulico con las Condiciones de Operación de los Equipos de Bombeo



Golpe de Ariete

Análisis del Transitorio con un Tanque de Oscilación en 1+820 y una Válvula de Alivio en la Planta de Bombeo



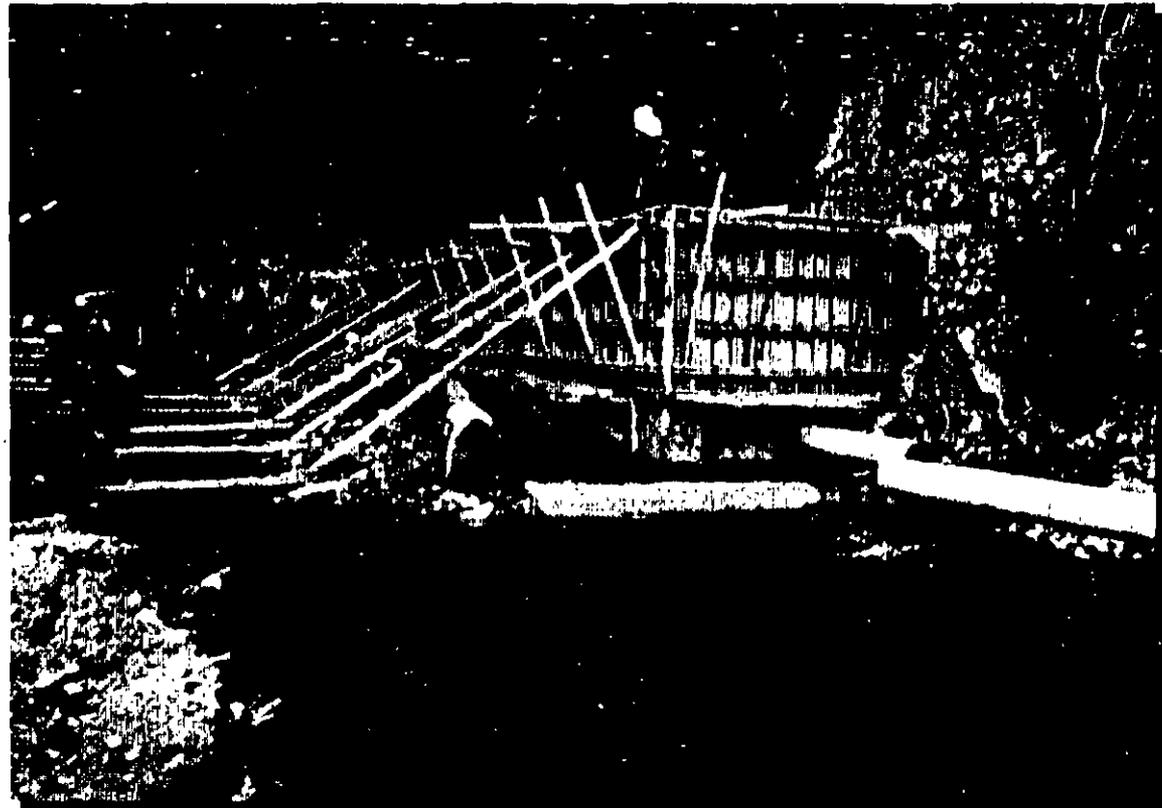
CAPTACIÓN

Cajas de Manantial:

Caja 1 218 m³

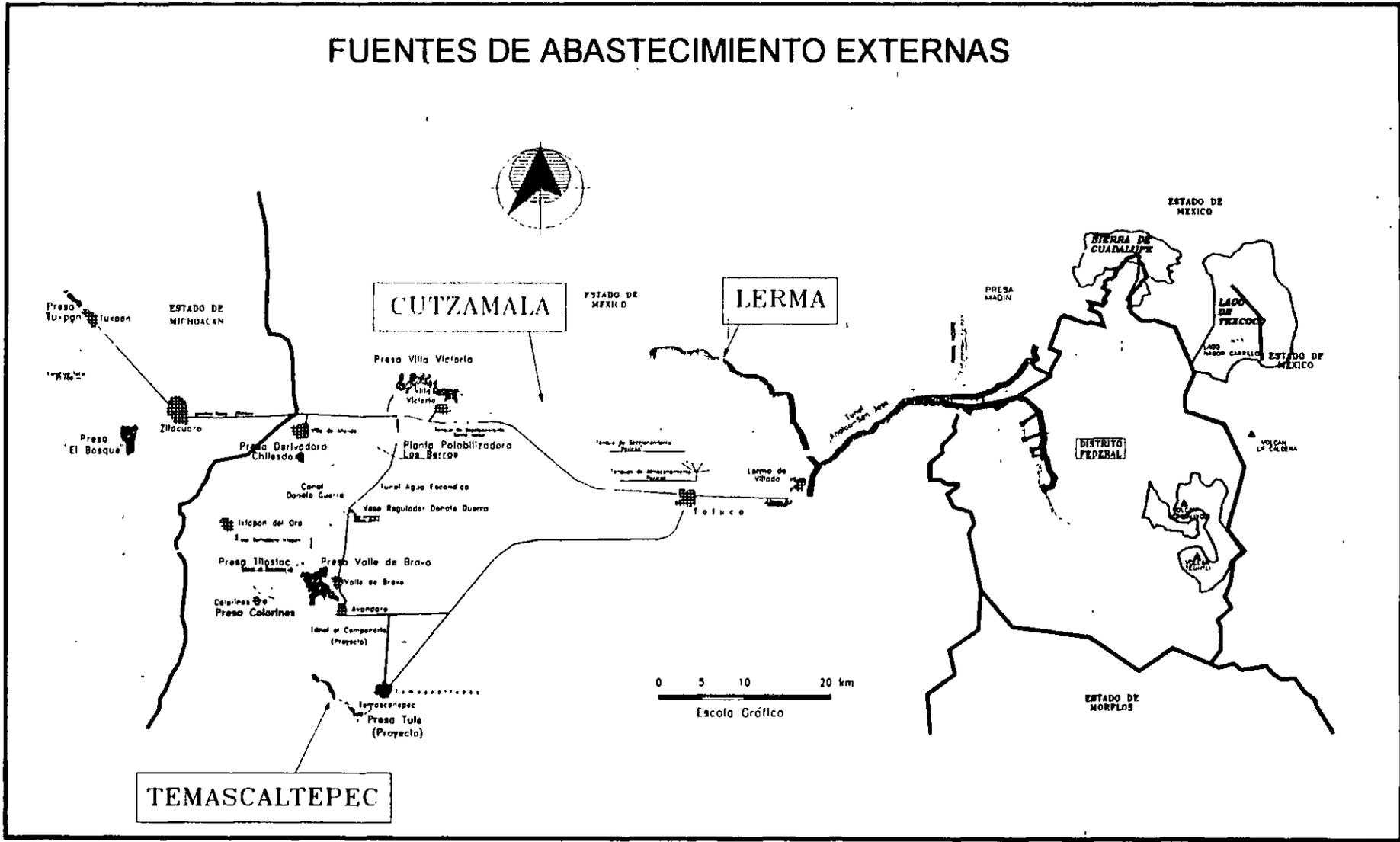
Caja 2 153 m³

Caja 3 306 m³



**Macrocircuito de
Distribución de Agua
Potable. Estado de
México**

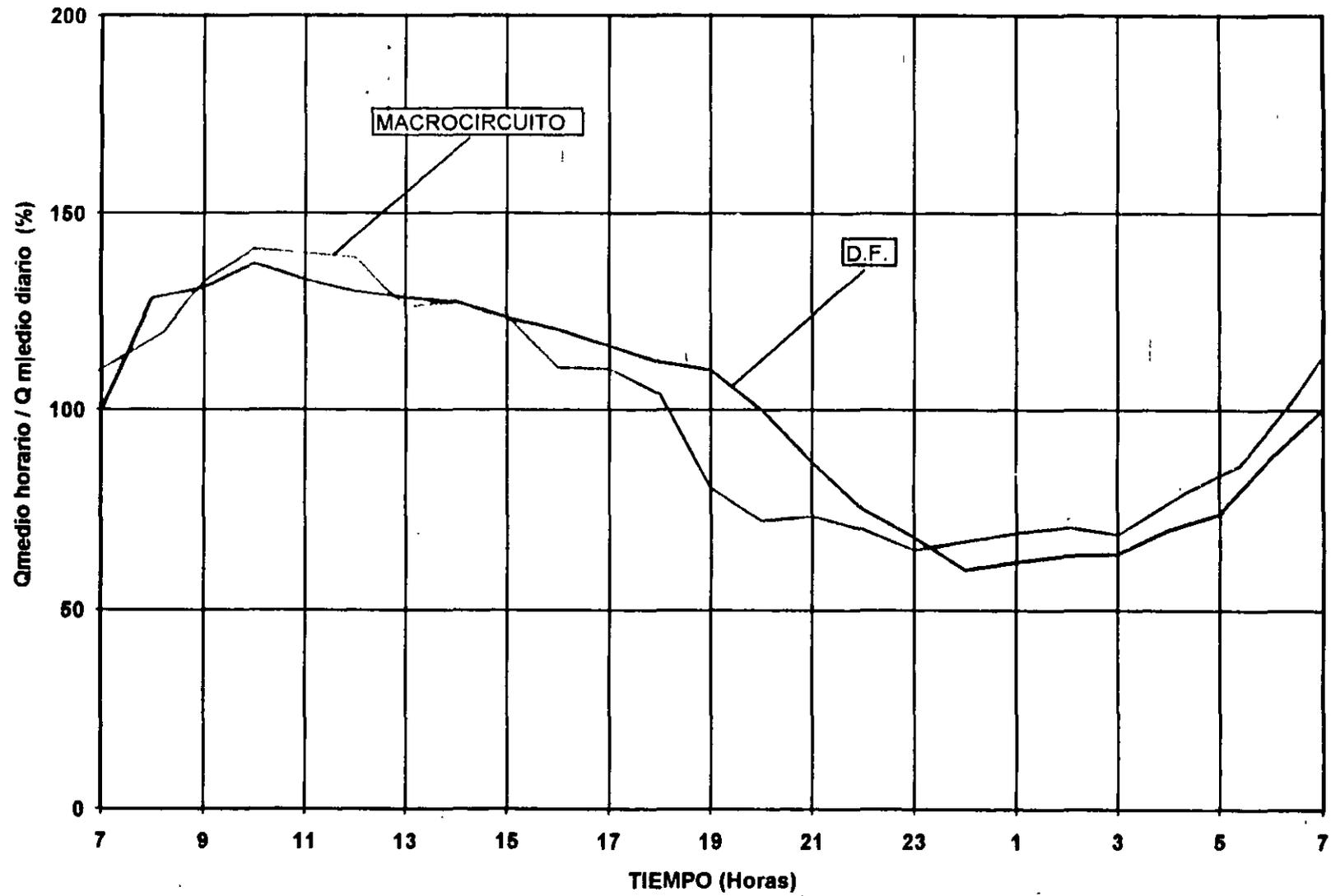
FUENTES DE ABASTECIMIENTO EXTERNAS



UBICACION DE POZOS EN EL ESTADO DE MEXICO



COMPARACION DE CURVAS DE DEMANDA (D.F.-MACROCIRCUITO)

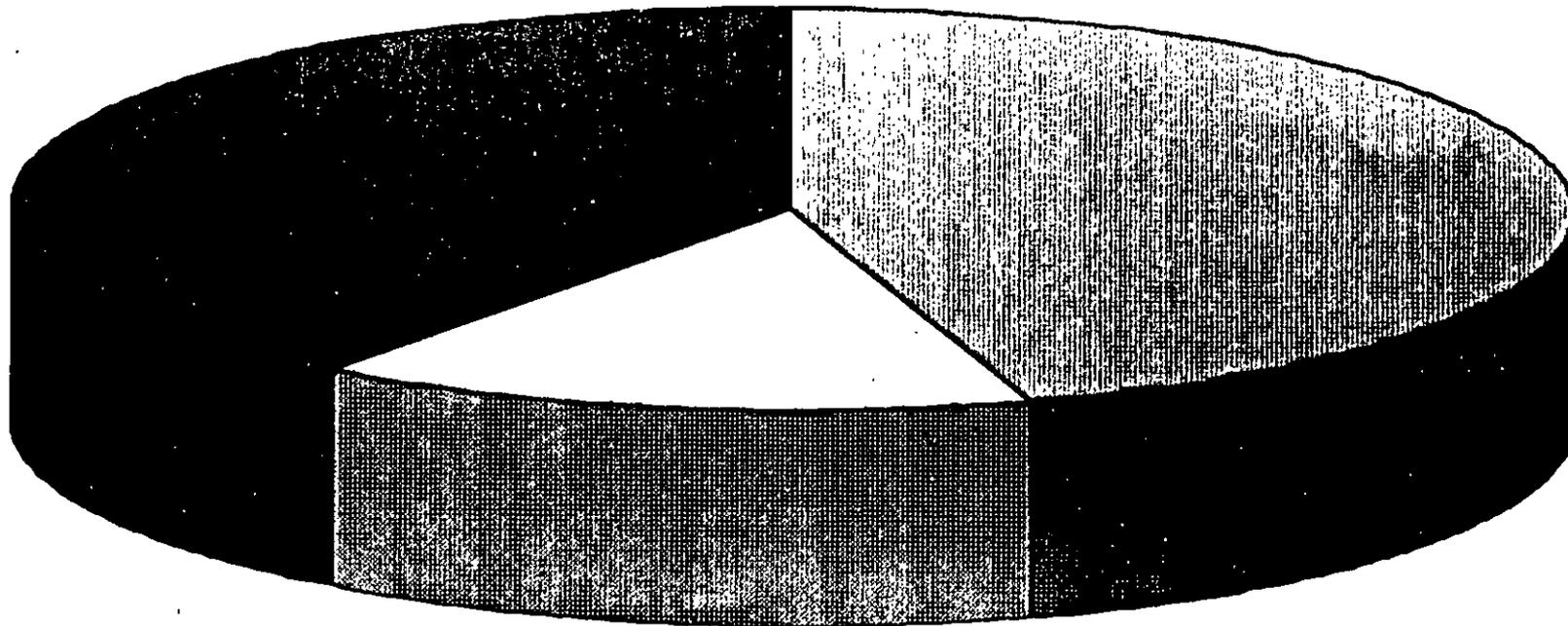


CONDICION ACTUAL

DOTACION = 333 l/hab/día

FUGAS 40%
133 l/hab/día

DOMESTICA 45%
150 l/hab/día



INDUSTRIAL Y
MUNICIPAL 15%
50 l/hab/día

CONDICION FUTURA

DOTACION = 286 l/hab/día

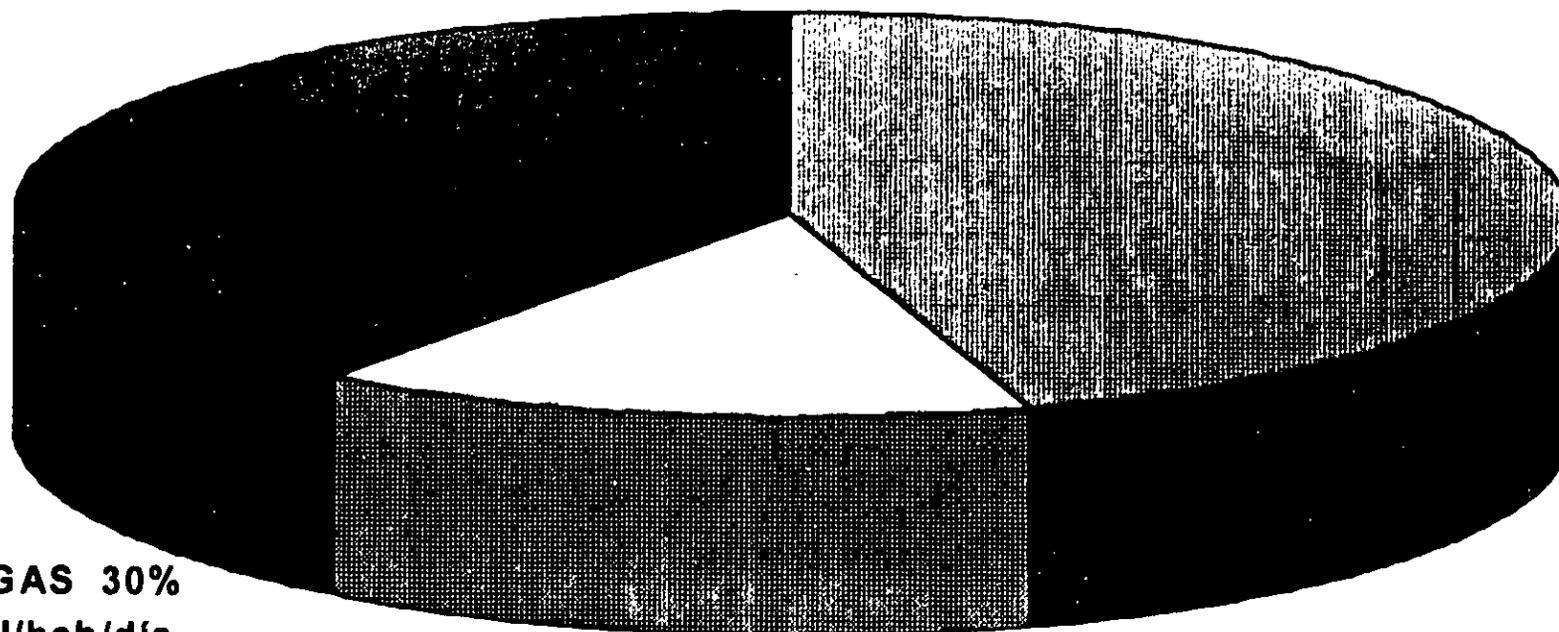
REDUCCION DE FUGAS

10%

48 l/hab/día

DOMESTICA 53%

150 l/hab/día



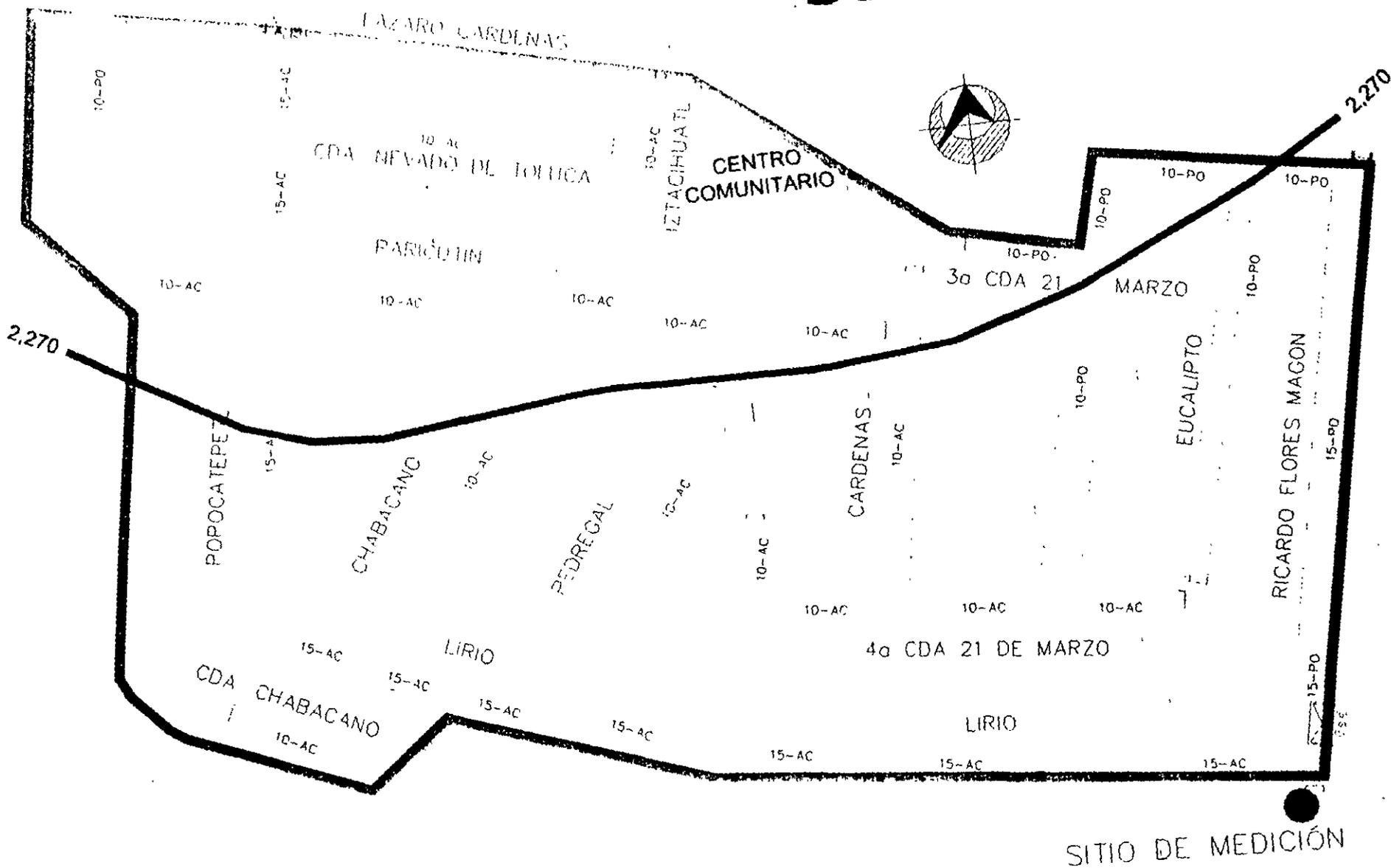
FUGAS 30%
86 l/hab/día

INDUSTRIAL Y
MUNICIPAL 18%
50 l/hab/día

Objetivo

Estudiar 5 sectores piloto para conocer su funcionamiento y balance hidráulico, y extrapolar los resultados al resto de los sectores definidos en la zona

Sector Mercedes



Sector Mercedes

Población actual = 1,880 hab

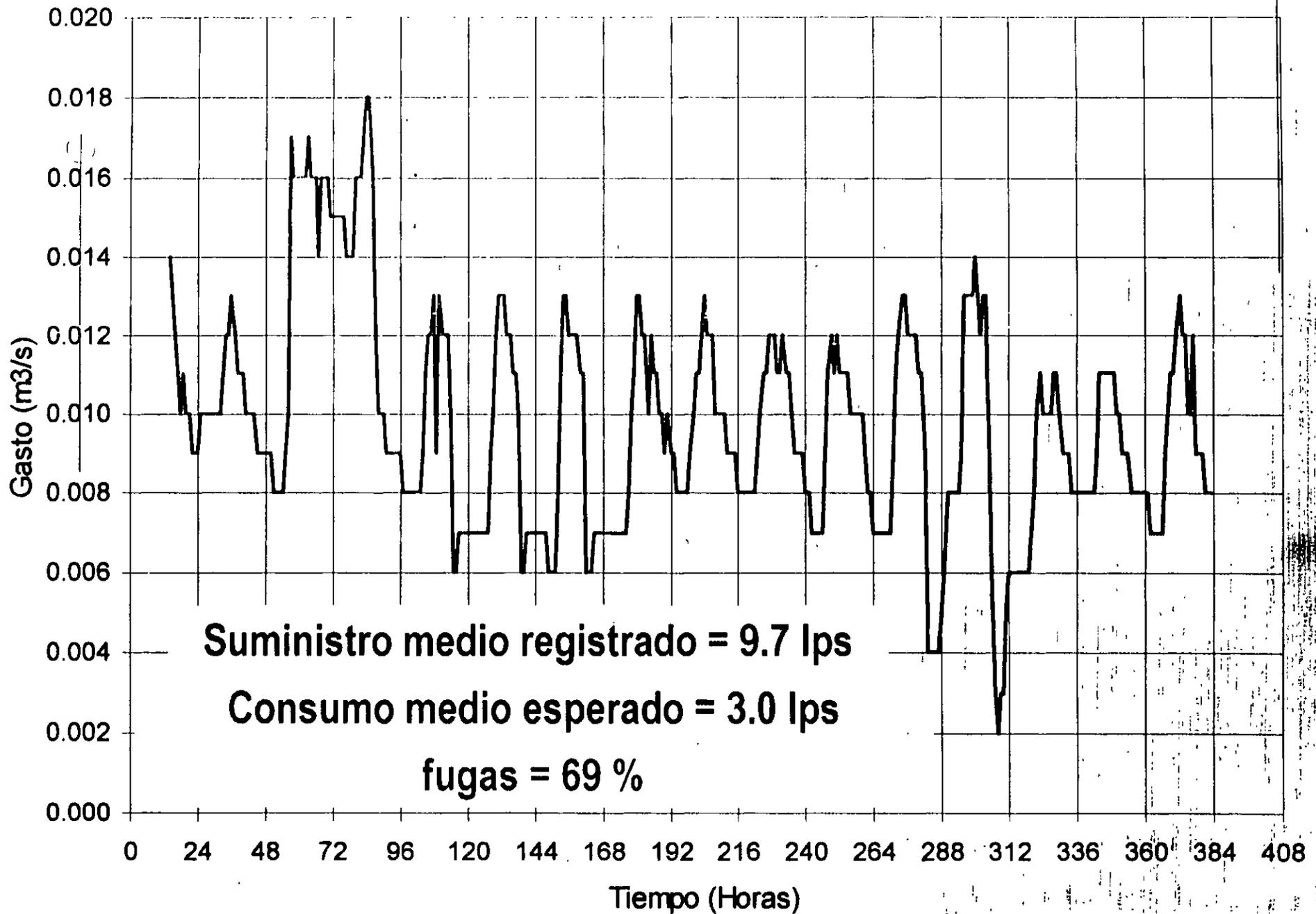
Volumen medio de
almacenamiento por lote = 7.5 m³

Promedio de habitantes por lote = 6 hab/lote

Dotación de consumo esperada
(consumo 140 l/hab/día) = 3.0 lps

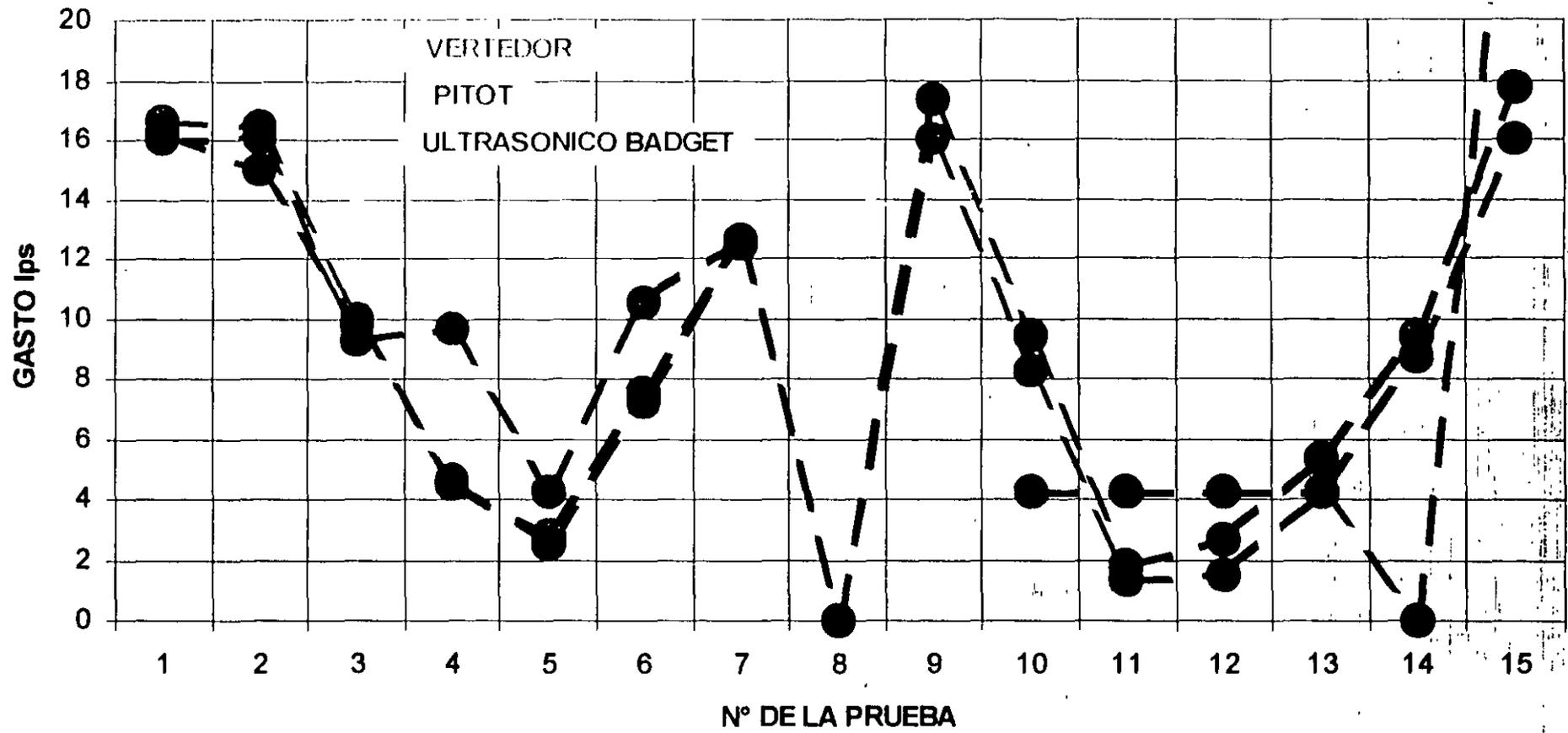
Dotación de suministro esperada
(consumo + fugas 37%) = 4.8 lps

Registro de Gastos del Sector Mercedes, 2-17 Julio

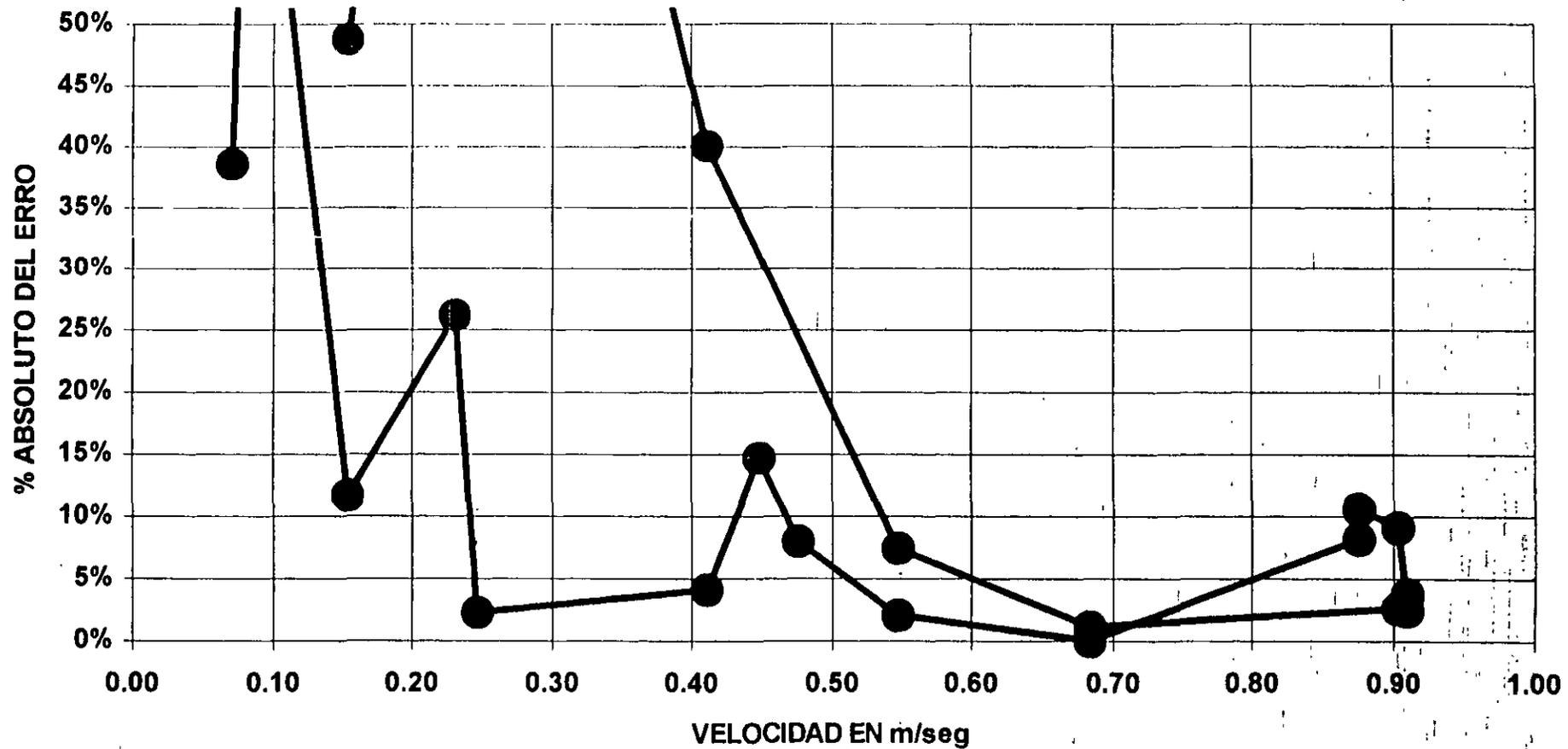


Laboratorio de Ingeniería Experimental

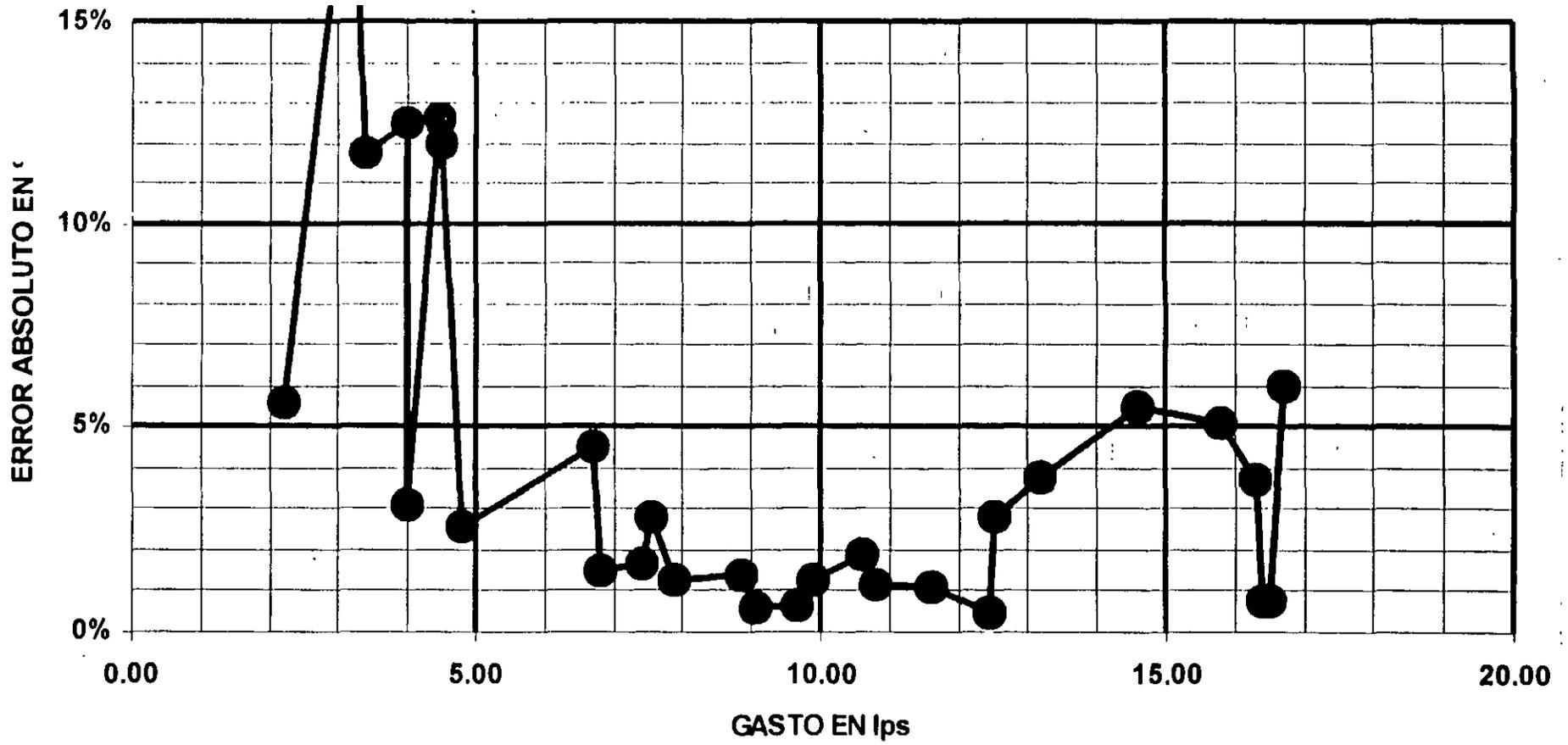
COMPARACION DE MEDICIONES



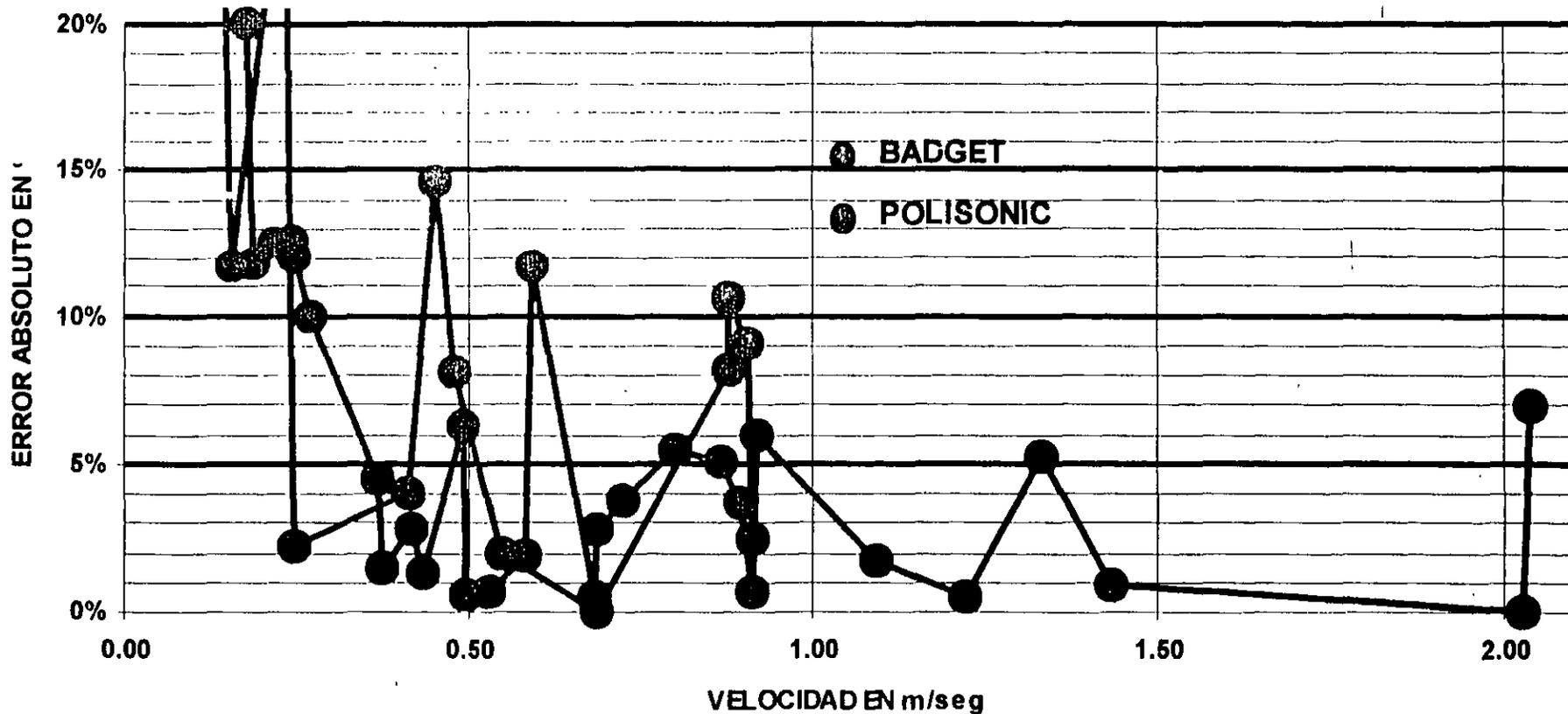
ERRORES DE LAS MEDICIONES

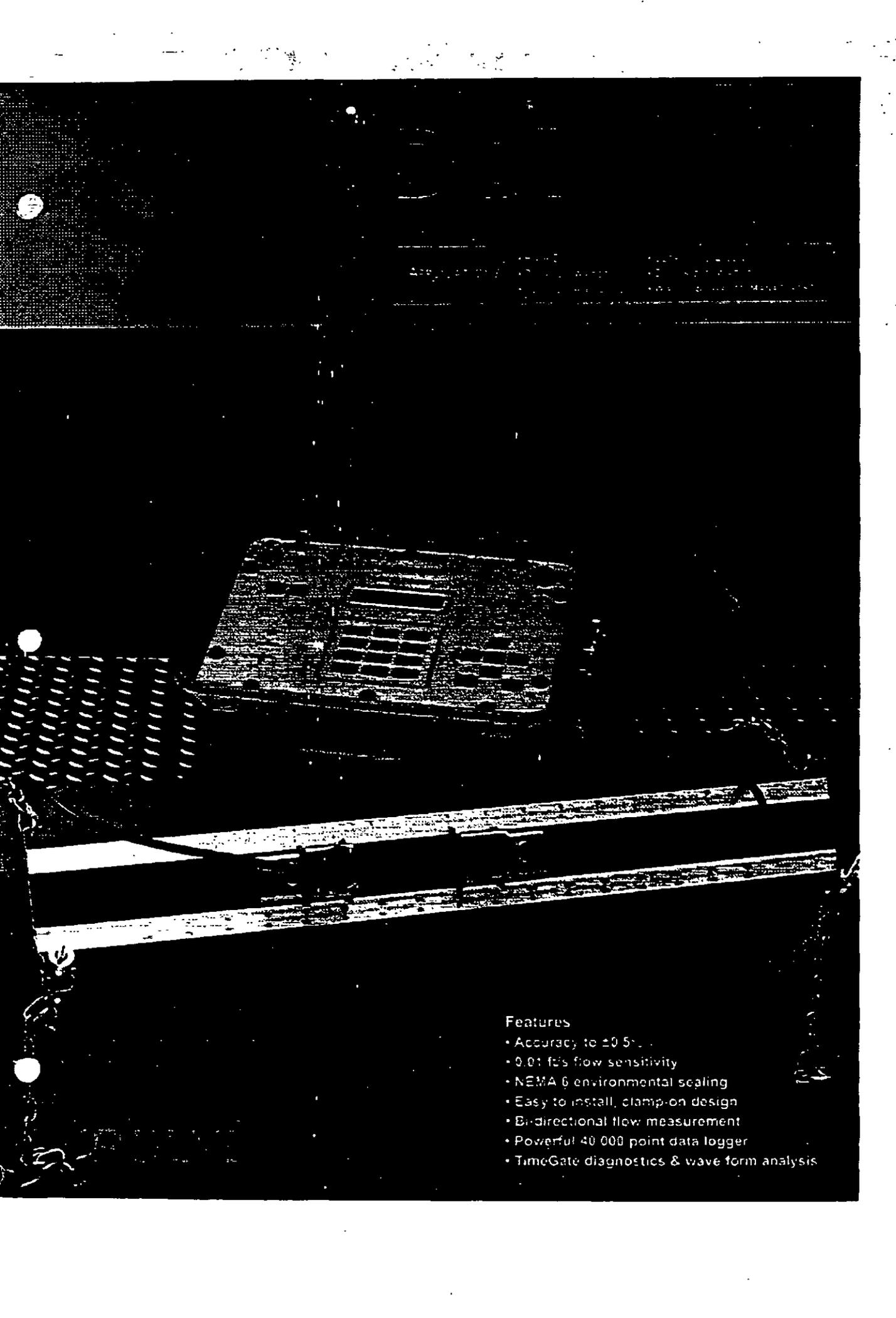


ERRORES CON EL MEDIDOR POLISONIC



COMPARACION DE ERRORES EN LOS MEDIDORES ULTRASONICOS





Features

- Accuracy to $\pm 0.5\%$
- 0.01 ft/s flow sensitivity
- NEMA 6 environmental sealing
- Easy to install, clamp-on design
- Bi-directional flow measurement
- Powerful 40,000 point data logger
- TimeGate diagnostics & wave form analysis

The DCT7088 is the world's most accurate portable transit time flowmeter. Combining digital signal processing (DSP) with correlation detection methods, it features exceptional performance and flexibility. A flowminder, designed for clean fluid applications, the instrument is tolerant of liquids with higher concentrations of entrained solids or gas bubbles than was previously possible with transit time technology. The non-intrusive, piezoelectric transducers can be installed without flow interruption and insure leak-free measurements with zero pressure drop. The simple, menu-driven operation of the DCT7088 allows the meter to be configured in a fraction of the time necessary for conventional portable transit time flowmeters.

Housed in a rugged NEMA-6 waterproof enclosure, the DCT7088 is waterproof against immersion and splashproof with the lid open. The transmitter features a 1280 character LCD and a speaker with audible error display indications. Output includes a 4-20mA analog signal and RS232 serial interface. The flowminder also incorporates a volume data display which records more than 40,000 data points for a 24-hour up to 1000 Hz personal computer. A memory expansion device allows up to 4 sets of flow data to be stored in the requirement to revert to setup data when measuring a new fluid for further measurements.

The DCT7088 can be programmed to start and stop flow measurements when determined by the transmitter. In no operation, a setting for password protection is available. A lock can be applied to the instrument enclosure to avoid any chance of unauthorized tampering. The meter will provide up to 16 hours of continuous operation on a single battery re-charge. In only 6 hours, up to 1000 cells can be sampled, while 5 multiple transducers are not necessary for different pipe materials and sizes. The standard transmitter is available in 12VDC and 24VDC models. It is available in 1/2 inch, 1 inch, 1.5 inch, and 2 inch diameters from 1/2 inch to 200 inch.

The DCT7088 can be used in an process or tank, or on the spot. The UTB is compact and rugged. The transmitter can be used on a spot pipe with a 1/2 inch to 2 inch diameter. The UTB can be used for other functions such as measuring the composition or erosion of storage tank walls. To provide an immediate paper printout of the flow data, the UTB can be used for other functions such as measuring the composition or erosion of storage tank walls. To provide an immediate paper printout of the flow data, the UTB can be used for other functions such as measuring the composition or erosion of storage tank walls. To provide an immediate paper printout of the flow data, the UTB can be used for other functions such as measuring the composition or erosion of storage tank walls.



DCT7088 Specifications

Performance Specifications

Flow Range: ± 0 to 50 ft/s (± 0 to 15 m/s)
Accuracy: ± 0 5% of velocity or ± 0.05 ft/s (± 0.0152 m/s) typical, digital output
Sensitivity: 0.01 ft/s (0.003 m/s) at any flow rate including zero
Pipe Size: 1 in. to 200 in. (25mm to 5m)

Physical Specifications

Transmitter: NEMA-6 (IP67), waterproof against accidental immersion and splashproof with lid open.
Transducers: Encapsulated design.
Standard cable length: 16 ft. (5m)
Weight: Approximately 11 lbs. (4.9 kg) - 8 hr. battery
 Approximately 15 lbs. (6.8 kg) - 16 hr. battery opt.

