



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS Y CALCULO DE FLUJOS DE AGUA CON EL  
AUXILIO DE UNA MINICOMPUTADORA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

JOSE MANUEL CRUZ MONDRAGON

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL

AVENA

Al Pasante señor JOSE MANUEL CRUZ MONDRAGON,  
P r e s e n t e ,

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-262

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Federico Alcaraz Lozano, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

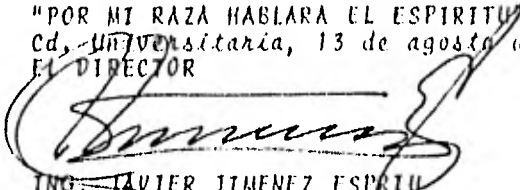
"ANALISIS Y CALCULO DE FLUJOS DE AGUA CON EL AUXILIO DE UNA MINICOMPUTADORA"

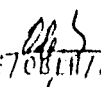
- A. Orificios.
- B. Canales.
- C. Vertedores.
- D. Redes de tubería.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 13 de agosto de 1980  
EL DIRECTOR

  
ING. JAVIER JIMENEZ ESPINOZA

  
JJE/OB/II/ser

### Introducción.-

Actualmente el <sup>ingeniero</sup> ingeniero cuenta con la versatilidad de las minicomputadoras, como una herramienta más de su uso y que hacen más fácil y rápida la solución de múltiples problemas profesionales.

En esta tesis, se resuelven problemas del campo de la hidráulica, los que se refieren a Orificios, Canales, Vertederos y Redes de Tuberías.

Las minicomputadoras actualmente de dimensiones minúsculas comparativamente con los grandes equipos que hace 10 años ocupaban grandes salones con equipos ambientales especiales, y que utilizaban personas únicamente en los grandes planteles de investigación, han dado paso en su uso

a toda persona con interés de contar con una herramienta que le facilite la solución de problemas complejos de tipo interactivo y de frecuente uso.

Dado que estas minicomputadoras utilizan idiomas que permiten la comunicación entre los usuarios y los sistemas de memorias y operación de las mismas, se requiere de un aprendizaje inicial de ellas, que permitan una mejor utilización de cada una de las características con que cuenta cada equipo.

En este trabajo se hace uso del Idioma Basic adaptado a la minicomputadora TRS-80 Nivel 1 que además de ser sencillo y poderoso es el de mayor uso en las minicomputadoras actuales.

Dado que como se ha mencionado las mi-

nicomputadoras tienen ciertas características de capacidad de memorias y pasos de ejecución de programa, lo cual da los márgenes de solución de los diferentes tipos de problemas de ingeniería, siendo estos márgenes en cada caso la única limitante en su uso, pero que haciendo un correcto uso de los equipos, está limitante no es muy importante en la solución de la mayoría de los problemas de ingeniería.

Este trabajo se realiza como un inicio para la formación de programas tipo en Hidráulica como los existentes en la solución de problemas en estructuras y topografía. Se formaron cuatro programas que resuelven cuatro funciones en orificios hidráulicos; seis funciones en vertederos de diversos tipos y permite calcular

el gasto para tres tipos de canales; además de la solución de Redes de Tuberías por el método de Cross.

Para cada programa se explica en su contenido la solución de las diversas funciones y en el contenido del trabajo escrito se dan las bases para la formación de estos cuatro programas.

Los programas están hechos en tal forma que al solicitar las diversas alternativas se van solicitando también los datos por parte de la minicomputadora o si por algún motivo existiera algún error en la introducción de los datos, el programa busca el tipo de solución específica y calcula la incógnita, regresando después al principio del programa.

Al final del trabajo escrito se anexan problemas típicos para mostrar su



uso y resultados en fotografías de  
problemas corridos en la minicomputadora.

## I N D I C E

### CAPITULO 1

#### ORIFICIOS:

- a) Orificios de pared delgada.
- b) Orificios de pared delgada
- c) Orificios de pared delgada descarga sumergida.
- d) Orificios de pared gruesa.

### CAPITULO 11

#### CANALES:

- a) Canal rectangular.
- b) Canal trapecial.
- c) Canal triangular.

### CAPITULO 111

#### VERTEDORES:

- a) Vertedor rectangular.
- b) Vertedor rectangular pared inclinada.
- c) Vertedor triangular.
- d) Vertedor Trapecial.
- e) Vertedor de pared gruesa.
- f) Vertedor Circular.

---

CAPITULO 1V

REDES DE TUBERIAS.

CAPITULO V

PROGRAMA EN BASIC

CAPITULO VI

Ejercicios.

C A P I T U L O I

## CAPITULO 1. ORIFICIOS

### 1.1 Ecuación general de los Orificios

Considérese un recipiente lleno de líquido, en cuya pared lateral se ha practicado un orificio, de pequeñas dimensiones en comparación con su profundidad  $H$ , de cualquier forma, y área  $A$ . El orificio descarga un gasto  $Q$  cuya magnitud se desea calcular y para ello se supone el nivel del agua en el recipiente permanece constante por efecto de la entrada de un gasto idéntico al que sale, o bien porque posee un volumen muy grande. Además, el único contacto entre el líquido y la pared debe ser alrededor de una arista afilada, esto es, el orificio es

de pared delgada. Las partículas de líquido en la proximidad del orificio se mueven en dirección normal al eje del mismo, de modo que la deflexión brusca que sufren produce, por efecto de su inercia, una contracción del chorro, la cual se llama contracta y tiene un afección  $A_2$  inferior al afección  $A$  del orificio.

En ella, las velocidades de las partículas son uniformes y paralelas entre sí, con un valor medio  $V$ .

Suponiendo un plano de referencias que coincida con el centro de gravedad del orificio y

$$F = Ma$$

$$F = M \frac{dv}{dt}$$

$$F = M \frac{dv}{ds} \frac{ds}{dt} = M v \frac{dv}{ds} \quad \text{que integrando con respecto a } ds.-$$

$$T = \frac{Mv^2}{2}$$

$$dsF = \frac{Mv^2}{2} \quad \text{donde}$$

$$ds = \frac{Mv^2}{2F} \quad \text{si } F = Ma \quad \therefore \quad a = \frac{F}{M} = g$$

$$y \quad \text{si } s = H$$

$$s = H = \frac{1}{2} v^2 \quad \text{de donde}$$

$$v = \sqrt{2gH}$$

Si esta es la velocidad del agua por el orificio que debido a las pérdidas deberemos multiplicar por un factor  $C_d$  o sea coeficiente de gasto, que varía por las consideraciones iniciales de tener un gasto con carga constante así como también de la sección contracta del chorro que pasa por el orificio, quedando la ecuación como:

$$Q = C_d A \sqrt{2gH}$$

considerando (por investigaciones) que cuando el número de Reynolds tiene un valor  $Re = 10^5$  el valor  $C_d$  es igual a

$$C_d = 0,60$$



Orificio de pared delgada.

Para la corrección de la ecuación debida a la hipótesis anterior se tomará el coeficiente  $C_d$

$$V = C_d \sqrt{2gH}$$

$$Q = C_d A \sqrt{2gH}$$

que es la ecuación general para orificios de pared delgada.

Conviene aclarar que en las ecuaciones anteriores  $H$  es el desnivel entre la superficie libre del líquido en el recipiente y el centro de gravedad del orificio y que la velocidad de llegada del líquido al orificio es cero y la presión la de la atmósfera.

## 1.2 Orificios con contracción incompleta.

Se puede hablar de dos tipos de contracción incompleta de un orificio:

- a) Cuando las paredes a el fondo del recipiente se encuentran a distancias inferiores a  $3D$  ( $D$ , diámetro de orificios circulares) ó a  $3a$  ( $a$ , dimensión mínima en orificios rectangulares), se dice que la contracción en el orificio es parcialmente suprimida.
- b) Si se llega al caso extremo de que una de las fronteras del recipiente coincide totalmente con una arista del orificio, se dice que la contracción se apoya sobre la pared del re-

recipiente.

En cualquiera de los dos casos anteriores los valores de  $C_d$  se deberán corregir por:

$$C_{do} = C_d \left( 1 - 0.641 \left( \frac{A}{A_t} \right)^2 \right)$$

donde  $C_{do}$  es el coeficiente corregido  
 $A$  = área del orificio  $A_t$  = área del fondo del recipiente.

Cuando el orificio descarga a otro tanque cuyo nivel está por arriba del canto inferior del orificio, se dice que la descarga es ahogada. El ahogamiento puede ser total o parcial.

En el caso de descarga ahogada total se puede derivar una ecuación análoga a la general, con la única diferencia que la energía total  $H$  es entonces  $AH$  la diferencia de niveles entre dos recipientes.

$$Q = C_d A \sqrt{2gAH}$$

Se recomienda utilizar el mismo coeficiente de gasto  $C_d$  que en un orificio de descarga libre.

Cuando el ahogamiento es parcial, el gasto total descargado por el orificio se puede expresar como la suma  $Q_1$  y  $Q_2$ , donde  $Q_1$  es el gasto correspondiente a la porción del orificio con descarga ahogada,

$$Q_1 = C_{d1} A_1 \sqrt{2gH}$$

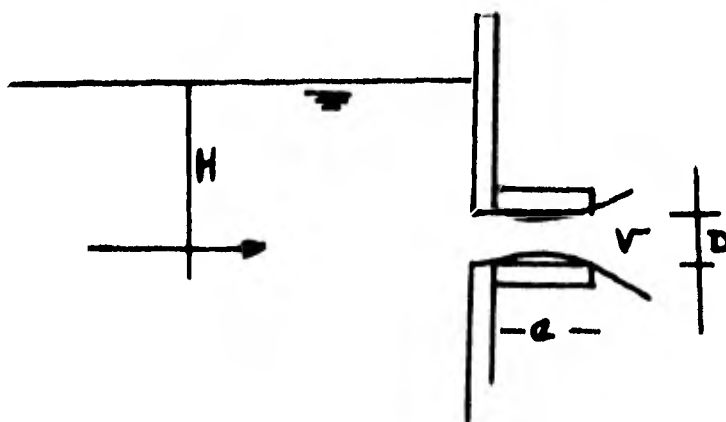
$$Q_2 = C_{d2} A_2 \sqrt{2gH}$$

Q<sub>2</sub> es el gasto de la porción del orificio con descarga libre.

Los coeficientes de gasto C<sub>d1</sub> y C<sub>d2</sub> que al respecto, propone Shlag, son C<sub>d1</sub> = 0.70      C<sub>d2</sub> = 0.675 en el caso de que el orificio tenga un umbral en el fondo.

#### 1.4 Orificios de pared gruesa

Cuando la pared en el contorno de un orificio no tiene aristas afiladas, el orificio es de pared gruesa o tubo corto



Tubo corto cilíndrico,

En este tipo de orificio se observa que el chorro, una vez que ha pasado la sección contracta, tiene todavía espacio para expandirse y llenar la totalidad de la sección. Entre la sección

contracta y la final ocurre un rápido descenso de la velocidad acompañado de turbulencias y fuerte pérdida de carga.

Por un razonamiento análogo al de los orificios de pared delgada, se concluye que la velocidad de salida del líquido se puede calcular con la misma ecuación.

$$Q = C_d A \sqrt{2gH}$$

si  $C_d = 0.82$ , esto es un gasto un tercio mayor que un orificio de pared delgada aproximadamente, lo anterior se explica debido a que en la contracta se forma un vacío parcial con presión ligeramente menor que la atmosférica y que incrementa el valor efectivo de la carga  $H$  en la ecuación ante-

terior se presentan los coeficientes de gastos  $C_d$  para aplicarse. Los tubos cortos más comunes en la práctica; dichos valores han sido encontrados por investigación.

a) Tubos cortos cilíndricos

$c/d$	$C_d$
0.5	0.60
1.0	0.75
1.5	0.78
2.0	0.79
2.5	0.80
3.0	0.82
3.5	0.83
4.0	0.82
4.5	0.79
5.0	0.78

donde  $c$  es la longitud del tubo y  $d$  es el diámetro de éste.



C A P I T U L O    I I

Canales.-

Se denomina canal a todos aquellos conductos naturales o artificiales en que el escurrimiento del agua se realiza a superficie libre y bajo la acción de la gravedad.

Cauce de arroyos.

Ríos.

Canales abiertos para generar electricidad.

Canales para irrigación.

Canales para drenaje.

Canales para navegación.

Canales cerrados con descarga parcialmente llenas.

Túneles.

Alcantarillas.

Los elementos hidráulicos de un canal se definen en función de la geometría del canal.

Sea:

- $t$ = Tirante Normal.- Distancia entre superficie libre del líquido y plantilla del canal medido normalmente al escurrimiento.
- $y$ = Profundidad.- Distancia entre superficie libre del líquido y plantilla del canal pero medido verticalmente ( $y$ )
- $P$ = Perímetro mojado.- Distancia efectiva del perímetro del agua de la sección normal a partir de la superficie libre del agua.
- $A$ = Area sección normal.- Es la comprendida en la intersección del

escurrimiento con un plano normal  
a este.

$$r = \text{Radio hidráulico} = \frac{A}{P}$$

B= Ancho de la superficie libre, es  
la distancia entre las márgenes  
del escurrimiento medido normal-  
mente.

$t_c$ = Tirante crítico

$S_o$ = Pendiente geométrica del fondo  
del canal.

Q= Gasto: o sea volumen del agua que  
pasa en una sección considerada  
en la unidad de tiempo.

$$V = \text{Velocidad Media} = \frac{Q}{A}$$

$v$ = Velocidad en un punto del escu-  
rrimiento, o sea, la asociada a

un punto de la sección normal y se  
obtiene con aparatos direccionales.

Tipo de flujo en canales: el agua  
fluye en canales abiertos en una  
gran variedad de formas.

- a) Tipo permanente uniforme.- Se pre-  
senta en canales inclinados muy  
largos y de sección transversal  
constante.
- b) Flujo permanente no uniforme.-  
 $y=f(t)$  y sección constante.  
Canales irregulares y en el que  
el caudal permanece constante  
cuando la velocidad media va-  
ría de una sección a otra.
- c) Flujo uniforme variado.- Cambia  
el tipo de régimen de turbulento  
a laminar.

El flujo de agua se clasifica de acuerdo al número de Freude en laminar, de transición y turbulento.

Re < 500 flujo laminar

500 < Re 1200 transición

Re > 1200 turbulento

Ecuaciones para flujo unidimensional permanente.

Principio de la conservación de la masa a pa tir de la cual se establece la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{Q}{A}; A_1 V_1 = A_2 V_2 = \text{Constante}$$

<sup>A</sup> Principio de la energía cinética a partir del cual se establecen ciertas ecuaciones aplicables al flujo.

La energía que pasa por un líquido está integrada por la energía interna y las energías de presión y posición en el espacio y velocidad de donde se deduce la ecuación siguiente:

$$y_1 + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 + hf$$

La carga de velocidad representa la energía cinética por unidad de peso que existe en un punto particular si la velocidad de una sección normal fuera uniforme.

Flujo uniforme.- El escurrimiento uniforme se caracteriza por tener tirante, el área de la sección, la velocidad media, y el gasto constante a lo largo del escurrimiento y la pen-

diente hidráulica del fondo del canal paralelas entre sí flujo que será analizado en este trabajo.

Fórmula Chesy para cálculo de velocidades de flujo de agua en canales.

$$V = C \sqrt{RS}$$

Para encontrar el coeficiente de Chesy, según Manning:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

siendo n el coeficiente de rugosidad de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \text{ vel. de Manning}$$



La solución de la ecuación no ofrece dificultades cuando las incógnitas son  $Q$ ,  $S$ .

Tratándose de determinar el tirante o la sección se debe proceder por tanteos; para hacer más rápidos los cálculos, conviene determinar las características de la sección como la conductividad y módulo de sección.

$$Q = V A$$

$$Q = \left( \frac{A}{n} r^{2/3} \right) S^{1/2}$$

$Q = K S^{1/2}$  donde  $K =$  Conductividad y

$A r^{2/3} =$  Módulo de la sección.

Velocidad máxima permisible en canales revestidos.

Tipo y resistencia del revestimiento  
y velocidad permisible:

Ladrillo.	1.4 m/seg.
Roca sedimentaria .	2.4 m/seg.
Madera .	6.0 m/seg.
Concreto despues de 28 días,	
210 Kg/cm <sup>2</sup>	7.4 m/seg.
170 Kg/cm <sup>2</sup>	6.6 m/seg.
130 Kg/cm <sup>2</sup>	5.8 m/seg.
110 Kg/cm <sup>2</sup>	4.4 m/seg.
90 Kg/cm <sup>2</sup>	3.8 m/seg.

Taludes recomendados en canales








<u>Material</u>	<u>Talud</u>
Roca.	Casi vertical
Suelos de Rellano.	1/4 a 1
Arcilla consolidada o tierra revestida.	1/2: 1 al 1:1
Tierra revestida con roca o tierra en ca- nales anchos.	1:1
Arcilla no alterada o tierra en canales pequeños(zanjas).	1 1/2 1
Tierra arenosa suel- ta.	2 : 1
Arcilla arenosa o porosa.	3: 1

Secciones de máxima eficiencia.

Si un canal abierto tiene  $N$ ,  $S$  y  $A$  fijos o constantes es evidente que la velocidad máxima ocurra cuando el área tenga la forma que nos proporciona el menor perímetro mojado.

Se puede demostrar que en igualdad de circunstancias la sección semicircular es la más eficiente. Dentro de los rectangulares lo será aquella que tenga un ancho de plantilla igual al doble del tirnte de sección. Dentro de los trapaciales será aquella que tenga un medio de un exáono regular.

TABLE 2-1. GEOMETRIC ELEMENTS OF CHANNEL SECTIONS

Section	Area $A$	Wetted perimeter $P$	Hydraulic radius $R$	Top width $T$	Hydraulic depth $D$	Section factor $Z$
 Rectangle	$by$	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	$b$	$y$	$by^{1.48}$
 Trapezoid	$(b + ry)y$	$b + 2y\sqrt{1 + r^2}$	$\frac{(b + ry)y}{b + 2y\sqrt{1 + r^2}}$	$b + 2ry$	$\frac{(b + ry)y}{b + 2ry}$	$\frac{[(b + ry)y]^{1.48}}{\sqrt{b + 2ry}}$
 Triangle	$ry^2$	$2y\sqrt{1 + r^2}$	$\frac{ry}{2\sqrt{1 + r^2}}$	$2ry$	$1/3y$	$\frac{\sqrt{2}}{3} ry^{1.48}$
 Circle	$1/8(\theta - \sin \theta)d^3$	$1/4d\theta$	$\frac{1}{4}\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right)d$	$\frac{(\sin 1/2\theta)d}{\theta}$ or $\frac{y}{\sqrt{1 - (d - y)^2}}$	$\frac{1}{8}\left(\frac{\theta - \sin \theta}{\sin 1/2\theta}\right)d$	$\frac{\sqrt{2}}{32} \frac{(\theta - \sin \theta)^{1.48}}{(\sin 1/2\theta)^{1.48}} d^{1.48}$
 Parabola	$1/3Ty$	$T + \frac{2}{3}\frac{T^2}{y}$	$\frac{2Ty}{3T + 2y}$	$\frac{1}{3}\frac{A}{y}$	$1/3y$	$1/6 \sqrt{6} Ty^{1.48}$
 Round-bottomed rectangle ( $r/y$ )	$\left(\frac{r}{y} - 1\right)r^2 + (b + 2r)y$	$(r - 2)r + b + 2y$	$\frac{(r/2 - 2)r^2 + (b + 2r)y}{(r - 2)r + b + 2y}$	$b + 2r$	$\frac{(r/2 - 2)r^2}{b + 2r} + y$	$\frac{[(r/2 - 2)r^2 + (b + 2r)y]^{1.48}}{\sqrt{b + 2r}}$
 Round-bottomed triangle	$\frac{T^2}{2} - \frac{r^2}{2}(1 - \epsilon \cot^2 \alpha)$	$\frac{T}{\epsilon}\sqrt{1 + r^2} - \frac{2r}{\epsilon}(1 - \epsilon \cot^2 \alpha)$	$\frac{A}{P}$	$W(\epsilon - r) + r\sqrt{1 + r^2}$	$\frac{A}{P}$	$A \sqrt{\frac{A}{P}}$

\* Satisfactory approximation for the interval  $0 < \epsilon \leq 1$ , where  $\epsilon = \epsilon y/T$ . When  $\epsilon > 1$ , use the exact expression  $P = (T/2)[\sqrt{1 + r^2} + 1/\epsilon \ln(\epsilon + \sqrt{1 + r^2})]$ .

C A P I T U L O    I I I

## VERTEDORES

### Introducción

Cuando la descarga del líquido se efectúa por encima de un muro o una placa y a superficie libre, la estructura hidráulica en la que ocurre se llama vertedor, pudiendo presentar diferentes formas según la finalidad a que se destine. Así, cuando se efectúa sobre una placa con perfil de cualquier forma, pero con arista aguda, el vertedor se llama pared delgada; por el contrario, cuando el contacto entre la pared y la lámina vertiente es más bien toda una superficie, el vertedor es de pared gruesa. Ambos tipos pueden utilizarse como dispositivos de aforo de gastos en el la-

boratorio o en canales de pequeñas dimensiones; sin embargo, el segundo puede emplearse como obra de control o de excedencias en una presa.

El punto o arista de la pared en contacto con la lámina vertiente, se reconoce como cresta del vertedor, y el desnivel entre la superficie libre aguas arriba del vertedor y de la cresta del mismo se conoce como carga.

#### Vertedores de pared delgada

Considérese un vertedor de pared delgada de sección geométrica cuya cresta se encuentra a una altura  $p$ , medida desde la plantilla al canal de alimentación, tan grande que puede despre-



ciarse la carga de velocidad de llegada. El desnivel entre la superficie inalterada del agua antes del vertedor y la cresta es  $h$  y la velocidad uniforme de llegada del agua es  $V_0$

#### Vertedor rectangular

El área de la sección vertedora tiene un equivalente de:

$$A = b h$$

La ecuación para calcular el gasto en un vertedor rectangular cuya carga de velocidad de llegada es despreciable es:

$$Q = Cb H^{3/2}$$

La ec no es homogénea, es decir, que el coeficiente  $C$  tiene las dimensiones

$$\left[ \begin{array}{ccc} L & -\frac{1}{2} & -1 \\ & T & \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{cc} L^{1/2} & T^{-1} \end{array} \right]$$

que en el sistema métrico vale

$$C' = \frac{2}{3} \times 0.60 \times 4.43 = 1.722$$

Esto cuando el ancho del canal de llegada es igual que el de la cresta.

Bazin realizó en 1868 los experimentos con vertedores rectangulares colocados en canales cuyo ancho era igual al de la cresta, evitando de ese modo contracciones laterales en el vertedor.

De lo anterior obtuvo una expresión para C:

$$C = \left[ \frac{2}{3} \left( 0.6075 + \frac{0.0045}{h} \right) \left[ 1 + 0.55 \left( \frac{h}{h+p} \right)^2 \right] \sqrt{2g} \right]$$

donde  $p$  representa el desnivel entre la plantilla del canal de acceso y la cresta del vertedor. Esta ecuación es válida para :

$$0.5 \text{ m} < b < 2 \text{ m}; 0.2 \text{ m} < p < 1.3; 0.1 \text{ m} < h < 1.0 \text{ m}$$

Para valores de  $p=0.06 \text{ m}$ ;  $0.01 \text{ m} < h_e$

$\leq 0.8 \text{ m}$ ;  $h \leq 0.8$ , se obtienen gastos más aproximados con una ecuación más sencilla obtenida experimentalmente por Rehbock en 1929 (en sistema métrico) para un vertedor en las mismas condiciones que el de Bazin

$$Q = \frac{2}{3} (0.6035 + 0.0813 \frac{h_e}{p}) \sqrt{2g} b h_e^{3/2}$$

donde  $h_e = h + 0.0011 \text{ m}$ .

Cuando el vertedor rectangular sin contracciones laterales tiene una inclinación  $\theta$  con respecto a la vertical, el

coeficiente de gasto  $C$  de las ecuaciones anteriores debe multiplicarse por un coeficiente  $C_\theta$  que depende del ángulo de inclinación  $\theta$  y que de acuerdo con Boussinesq es:

$$C_\theta = 1.1951 - 0.3902 \frac{\theta^\circ}{180}$$

Esta ecuación es válida solamente en el caso de que la lámina se encuentre bien ventilada y las unidades de entrada estén en sistema métrico.

## Vertedor Triangular.

Quando el vertedor es de sección triangular, la ecuación general del gasto en vertedores triangulares resulta:

$$Q = \frac{4}{15} M \sqrt{2g} B h^{3/2}$$

siendo  $M$  = Coeficiente de descarga.

Si el vertedor es simétrico respecto de una vertical que pase por el vértice,  $B$  se puede expresar como:

$$B = 2h \tan(\theta/2), \text{ por lo que la ecuación anterior resulta:}$$

$$Q = \frac{8}{15} M \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) h^{5/2} = C h^{5/2}$$

$$\text{si } C = \frac{8}{15} M \sqrt{2g} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

donde  $C$  depende de  $\theta$ , y  $g$ .

J. Thompson en 1861 experimentó con vertedores triangulares con ángulo central de  $90^\circ$  con cargas hasta de 0,18 m. Sus estudios fueron ampliados por Barr. en 1909 con cargas hasta de 0,10 m. obteniendo ambos idénticos resultados y un coeficiente  $C$  de 0,593, que convierte a la ec en la expresión:

$$Q = 1.4 h^{5/2}$$

donde  $h$  es en m,  $Q$  en  $m^3/\text{seg}$  y la carga de velocidad de llegada es despreciable.

Koch en 1923 y Yarnall en 1926 efectuaron también experimentos en esta forma de vertedor, encontrando que  $C$  es 0,58 en el caso de cargas

muy grandes.

Los resultados anteriores serán válidos cuando el tirante del canal de llegada sea por lo menos de  $4h$ , y  $8h$  respectivamente.

Para otros ángulos, Gourley y Crimp determinaron una expresión semejante para el gasto en vertedores triangulares con profundidades grandes en el canal de accesos. La expresión general, en sistema métrico, es:

$$Q = 1.32 \tan \left( \frac{\theta}{2} \right) h^{2.47}.$$

Debido a que  $p$  puede ser pequeña, es frecuente que el vertedor triangular funcione ahogado. Si  $h_1$  representa la carga aguas abajo el coeficiente de gasto con descarga libre deberá multi-

plicarse por un coeficiente  $k$  independiente del ángulo  $\theta$ , y que vale

$$K = \sqrt{1 - \frac{h_1}{h}} \left[ 1 + \frac{h_1}{2h} + \frac{3}{8} \left( \frac{h_1}{h} \right)^2 \right]$$



### Vertedor Trapecial.

Como este tipo de vertedor tiene escaso interés, ha sido poco estudiado. Únicamente se ha dado importancia al llamado de Cipolletti que tiene el trazo de un trapecio regular, con la base menor coincidiendo con la cresta y con taludes en los lados  $1/4$  (horizontal-vertical) que encuentra aplicación como aforador en canales.

Vertedor Cipolletti- La geometría de este vertedor ha sido obtenida de manera que las ampliaciones laterales compensen el gasto reducido por las contracciones laterales de un vertedor rectangular de longitud de cresta  $b$  en igualdad de condiciones de carga. Sin embargo este hecho no ha sido plenamente com-

probado. El gasto de un vertedor Cipolletti se determina con la ecuación (en sistema métrico)

$$Q = \left[ 0.415 \sqrt{2g} \right. \\ \left. bh^{3/2} \right] = 1.86 b h^{3/2}$$

la cual es válida si  $0.08 \text{ m} < h < 0.60 \text{ m}$ ,  
 y  $a = 2 h$ ,  $b = 3 h$  y  $p = 3 h$ , y además,  
 para anchos de canal de 30 a 60 cm.

## Vertedor Circular.-

Stauss derivó una ecuación teórica para determinar el gasto en vertedores de forma circular:

$$Q = M \phi D^{5/2}$$

donde D se expresa en decímetros y Q se obtiene en l t/seg.

En esta fórmula  $\phi$  es una función de h/D dada por la tabla y el coeficiente de gasto determinado de la ecuación de Stauss y Jorissen:

$$M = 0.555 + \frac{D}{110} + 0.041 \frac{h}{D}$$

la cual vale para  $0.20 \text{ m} \leq D \leq 0.30 \text{ m}$  y para distancias mínimas a la frontera del canal de llegada de  $3 D$  desde los cantos del vertedor. Los valores de  $M$  se presentan también

en la tabla:

Coefficientes  $\phi$  y  $\mu$  de la ecuación:

H/D	$\phi$	$\mu$
0.05	0.0272	-
0.10	0.1072	0.6457
0.15	0.2380	0.6290
0.20	0.4173	0.6171
0.25	0.6428	-
0.30	0.9119	0.6040
0.35	1.2223	-
0.40	1.5713	0.5966
0.45	1.9559	-
0.50	2.3734	0.5925

TABLA 1

Coefficientes y de la ecuación.

H/D	$\rho$	$\mu$
0.55	2.8205	-
0.60	3.2939	0.5903
0.65	3.7900	-
0.70	4.3047	0.5902
0.75	4.8336	-
0.80	5.3718	0.5904
0.85	5.9133	-
0.90	6.4511	0.5935
0.95	6.9756	-
1.00	7.4705	0.5977

### Vertedores de pared gruesa.-

En forma semejante a los orificios, si la cresta del vertedor no es una arista afilada, se presenta entonces el vertedor de pared gruesa que puede adquirir varias formas. En la fig. se presenta la forma más sencilla la cual consiste en aumentar el espesor de la cresta.

Cuando  $c/h < 0.67$ , el chorro se separa de la cresta y el funcionamiento es idéntico al del vertedor de pared delgada.

Cuando  $e/h > 0.67$  el funcionamiento es diferente, adhiriéndose la lámina vertiente a la cresta del vertedor. Se presentan también dis-

tintos funcionamientos, dependiendo de la altura de la cresta sobre el fondo del canal. Un procedimiento comúnmente aceptado para valuarlo en el caso de que  $e/h > 0.67$  es el de Ba, in el cual consiste en utilizar la ecuación general de los vertedores afectada de un coeficiente de reducción  $\epsilon_1$  :

$$Q = \epsilon_1 C b h^{3/2}$$

donde C es el coeficiente adecuado de un vertedor de pared delgada en iguales condiciones de desoarga libre y que toma en cuenta la altura p de la cresta sobre el fondo del canal de acceso. El coeficiente  $\epsilon_1$  depende de la relación e/h según

la ecuación:

$$C_1 = 0.7 + \frac{0.185}{e/h}$$

con relaciones hasta de un valor  $e/h = 3$ .

En problemas que se presentan dentro de la práctica es frecuente encontrar este tipo de vertedores que trabajen ahogados, casos en los que se presenta mayor reducción en el coeficiente de gasto por la influencia de la carga aguas abajo, de tal modo que la ec anterior se ve afectada de un segundo coeficiente,  $C_2$ , que toma en cuenta dicho efecto. Los valores  $C_2$  se obtienen en razón de la relación  $(h-H^1)/h$ , donde  $H^1$  es la diferencia entre la cresta y la altura de la superficie



aguas abajo del vertedor, siendo negativo cuando el nivel está por debajo de la cresta y positivo en caso contrario.

$\frac{h - h'}{h}$	$\zeta_2$
1.4	1.00
1.3	1.00
1.2	0.993
1.0	0.987
0.9	0.98
0.8	0.96
0.7	0.95
0.6	0.93
0.5	0.91
0.4	0.885
0.3	0.855
0.25	0.833
0.2	0.807

$\frac{h - h'}{h}$	2
0.15	0.770
0.10	0.72
0.08	0.68
0.06	0.64
0.04	0.55
0.02	0.40
0.01	0.26

Vertedores con cresta redondeada.-

Cuando la cresta del vertedor se redondea, el coeficiente de gasto  $C$  aumenta considerablemente, lo cual se explica por una baja en la contracción del chorro sobre el vertedor, actuando sobre las partículas una aceleración centrífuga por la curvatura de las líneas de corriente.

En el caso de este tipo de vertedor el coeficiente  $C$  es igual a

$$C = \frac{2}{3} \left[ 0.312 + 0.09 \frac{h}{p} + \sqrt{(0.30 - 0.01) \left( 5 - \frac{h}{r} \right)^2} \right] \sqrt{2g}$$

que vale para  $\frac{h}{p} \leq 1$ ,  $r \geq 0.2$  m,

$$\frac{h}{r} \leq \left( 6 - \frac{20r}{p + 3r} \right).$$

C A P I T U L O   I V

### Red de Distribución.-

14.1 La red de distribución en un sistema de abastecimiento es la parte del mismo que entrega el agua directamente a los consumidores por medio de hidrantes públicos o tomas domiciliarias.

Las redes están integradas principalmente por:

- a) Tuberías principales y secundarias o de relleno.- Las principales alimentan a las secundarias y éstas son las que distribuyen el agua en toda la población.
- b) Válvulas de diversos tipos que deben siempre colocarse

dentro de "cajas":

- c) Hidrantes.
- d) Tanques de regularización  
(evitar grandes cargas)
- e) Piezas especiales y sus atraques correspondientes.
- f) Medidores.
- g) Tomas domiciliarias.

En ciudades donde hay diferencias de elevación del orden de 60 metros, el sistema de distribución puede dividirse en zonas: cada una alimentada por un tanque de regularización o controlada por una válvula reductora de presión, con el objeto de evitar presiones excesivas en las zonas bajas.

Una red se clasifica y se califica y se calcula tomando en cuenta solamente las tuberías principales (que son las que forman los circuitos).

Tipos de redes.

La red puede ser:

- a) Abierta o ramificada.
- b) Cerrada o sea formada por circuitos intercomunicados dentro de este tipo se tiene el sistema biplanar.

Recomendaciones para el diseño.-

Gasto de diseño Q. máx. horario

Materiales de las tuberías

Alimentación a la red y principales: A-C, acero y fo.fo.

(ya en desuso) Secundarias:  
A-C yPVC (cloruro de polivinilo)

Tomas: plástico y f.g. plástico y cobre.

Diámetros

Alimentación y principales: en función del Q máx. horario

Secundarias de relleno: 76 mm (3") en general.

63 mm (2<sup>1/2</sup>" ) o

51 mm (2") en poblaciones pequeñas.



Toma domiciliaria: 76mm (3") en general.

63 mm (2 1/2") o

51 mm (2") en po-

blaciones pequeñas.

Toma domiciliaria: 13 mm (1/2")

Presiones requeridas

(Están dadas con relación al nivel de la calle)

Presión mínima: 10 a 15 m - Poblaciones pequeñas.

Presión máxima: 50 m a 60m Poblaciones grandes.

Procedimiento a seguir en la aplicación del método Cross, mediante el balanceo de cargas corrigiendo los gastos supuestos.

1. En primer lugar debe contarse con un plano de la población a la cual se le ve a proyectar su red de distribución, en este plano deben mostrarse las zonas de probable crecimiento futuro.
2. Si la población lo amerita es conveniente hacer una zonificación por usos y presiones teniendo en cuenta el tipo y densidad de población en cada zona.
3. Se localizan los circuitos principales con sus tuberías primarias y se numeran, el resto de la red estará

integrado en general por tuberías secundarias o de relleno. El criterio general para seleccionar los circuitos, es que cada ramal tenga aproximadamente la misma área de influencia y una longitud de 400 a 600 m. Esta longitud es la separación que aproximadamente debe haber entre las válvulas de seccionamiento en las tuberías primarias.

4. Se determina un sentido de escurrimiento en los tramos en función del arreglo de los circuitos que integran la red. Se asigna un signo positivo a estos sentidos de escurrimiento si son iguales al de las manecillas del reloj y negativas en caso contrario.

5. Se determina el gasto que requiere cada tramo por medio del gasto específico de la red.

a) Si el consumo es uniforme en toda la población.:

$$Q_e = \frac{Q_{\text{máx. horario}}}{\text{longitudes de circuitos principales.}}$$

b) Si se consideraran diferentes zonas de consumo:

$$Q_e = \frac{Q_{\text{máx. horario por zona}}}{\text{Area de la zona}}$$

6. Suponer que se interrumpe la circulación del agua en unos tramos para formar una red abierta, con el objeto de definir perfectamente cuál tubería alimenta a otras. Así se llegan a definir puntos en los que ya no exis-

te la posibilidad de alimentar a otros tramos, estos puntos reciben el nombre de "puntos de equilibrio".

7. Se acumula gastos en sentido contrario al escurrimiento partiendo de los puntos de equilibrio hasta la alimentación teniendo en cuenta la distribución de gastos con función del punto anterior.
8. Suponer los diámetros de cada tramo. Para lograrlo es conveniente fijar una velocidad adecuada del agua en el tubo y así, en función del gasto, definir su área ajustándola finalmente a un diámetro comercial. Se supone que la velocidad es de 0.6 a 1.5 m/seg para evitar grandes pérdidas por fricción. Se puede

hallar el diámetro preliminarmente,  
usando una expresión sencilla en  
función de la velocidad y del gasto:

$$Q = AV \quad Q = \pi \frac{d^2}{4} V \quad d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

si V en m/seg y Q en m<sup>3</sup>/seg, cuando:

$$V = 0.6 \text{ m/seg: } d = 1.49 \sqrt{Q}, \text{ en m}^3/\text{seg.}$$

$$V = 1.5 \text{ m/seg: } d = 0.92 \sqrt{Q}$$

Como hay que ajustar a diámetro  
comercial, se supone para el primer  
tanteo:

$$d = 1.45 \sqrt{Q}$$

en donde d, el diámetro de la tubería  
en m y Q el caudal en m<sup>3</sup>/seg.

9. Ejecutar los cálculos. Conviene  
ayudarse de una tabla en la que se  
consignen por columnas los siguientes  
datos:

1. Número de circuito (propio)
2. Número de circuito (común)
3. Tramo estudiado o crucero
4. Longitud del tramo en m (long)
5. Caudal inicial en l/seg ( $Q_0$ ) con su signo.
6. Diámetro del tubo en m( $\emptyset$ ) y (pulgadas)
7. Pérdida de carga en m ( $H_0$ ) con su signo
8. Relación de  $H_0/Q_0$  ( $H_0/Q_0$ )
9. Corrección del gasto ( $q_1$ ) con su signo
10. Caudal corregido ( $Q_1$ ) con su signo
11. La nueva pérdida de carga ( $H_1$ ) con su signo
12. Relación  $H_1/Q_1$  ( $H_1/Q_1$ )

13. Segunda corrección ( $q_2$ )

14. Caudal corregido ( $Q_2$ )

w) Pérdida de carga en función del último valor adoptado para el gasto.

x) Cota piezométrica en el final del tramo que se obtiene restando de la presión estática, la pérdida de carga hasta el final del tramo.

y) Cota del terreno.

z) Carga disponible

En la resolución debe tenerse presente el signo que tiene el gasto; la pérdida de carga lleva el signo correspondiente al caudal.





C A P I T U L O V

```

10 GOT020
12 PRINT@960:114:PRINT@920:"**" LOS DATOS SON CORRECIOS (S/N) ?":GOSUB120:B1=IN:IFB<>"S"ANDB<>"N"THEN12ELSERETURN
13 PRINT@960:114:PRINT@914:"> ESCOJA UNA OPCION :":GOSUB120:B1=IN:RETURN
14 PRINT@960:114:PRINT@914:"OPRIMA <B> PARA REGRESAR AL MENU":GOSUB120:B1=IN:RETURN
17 PRINT@193:CHR$(31):PRINT@66:"DATOS GENERALES PARA DISEÑO":PRINT@900:RETURN
18 PRINT@960:114:PRINT@920:"DESEA OTRO CALCULO SIMILAR (S/N) ?":GOSUB120:B1=IN:IFB<>"S"ANDB<>"N"THEN12ELSERETURN
20 CLS:CLEAR$00:DIAM(100):PAG=1:IN=1:FORI=17012:41=A+CHR$(191)+CHR$(179)+CHR$(140)+CHR$(177)+CHR$(191):NEXTA$=CHR$(179)+CHR$(191)+A
+CHR$(191)+CHR$(179):I$=CHR$(187)+CHR$(183):FORI=17021:11=11+1$+CHR$(128):NEXT
22 FORI=17021:21=12+CHR$(148)+CHR$(128)+CHR$(128)+CHR$(128)+CHR$(128)+CHR$(128):NEXT
25 PRINTA$:PRINTTAB(4)12:CHR$(140)TAB(17)*ANALISIS DE FLUJOS DE AGUA*TAB(49)12:CHR$(140):PRINTA$
100 GOT0340
110 FL=-7:GOTO140
120 FL=1:GOTO140
125 FL=20:GOTO140
130 FL=-3
140 IN1="" :W$=INKEY$:WD=0:WS=WD:WLX=WD:IFFL=WD:THENIN1=
150 PRINTSTRING$(ABS(FL),136)1STRING$(ABS(FL),24)1
155 IFFL<="S"THENFL1="" :GOTO340
160 PRINTCHR$(14):FORW%=17025:W$=INKEY$:IFW$<>">"THEN170 ELSEIFNEXT(PRINTCHR$(15):FORW%=17025:W$=INKEY$:IFW$<>">"THEN)70 ELSEIFNEXT:G0
T0160
170 IFW$<>CHR$(13)THEN190 ELSEPRINTSTRING$(ABS(FL)-WLX,32)1
180 PRINTCHR$(15):W%=25:INEX1=IN=VAL(IN$)IN$=(IN$>"0")1:RETURN
190 PRINTCHR$(14):IFW$=CHR$(24)THENPRINTSTRING$(WL%,24)1:GOTO140
200 IFW$<>CHR$(8)THEN240 ELSEIFWLX=0THEN160 ELSEPRINTCHR$(24)1:IFFL>0THEN220 ELSEIFPEEK(16410)=44THEN230
210 IFPEEK(16410)=46THENWD=0:GOTO220 ELSEIFPEEK(16410)=43ORPEEK(16410)=45THENWS=0
220 IN$=LEFT$(IN$,LEN(IN$)-1)
230 WLX=WLX-1:POKE16410,136:GOTO160
240 IFW$="0"THENIN$=W$IN$=CHR$(13):GOTO170 ELSEIFABS(FL)-WLXTHEN160 ELSEIFFL>0THENIFW$=">"ANDW$=">"THEN290
250 IFW$=">"ANDWD=0THENWD=1:GOTO290
260 IFW$=">"THENPRINTW$:WLX=WLX+1:GOTO300
270 IF(W$=">"ORW$=">")ANDWS=0ANDWLX=0THENWS=1:GOTO290
280 IFW$<>"0"ORW$<>"9"THEN160
290 PRINTW$:IN$=IN$+W$:WLX=WLX+1
300 IFABS(FL)=1THEN160 ELSE160
340 PRINT@192:CHR$(31):PRINT@270:"<D> DATOS GENERALES DEL PROYECTO"CHR$(10)TAB(22)*<D> ORIFICIOS"CHR$(10)TAB(22)*<C> CANALES"CHR$(10)
TAB(22)*<V> VEREDORES"CHR$(10)TAB(22)*<R> REDES DE TUBERIA"CHR$(10)TAB(22)*<G> SALIR DEL PROGRAMA":GOSUB13
420 IFB$="0"THEN450ELSEIFB$="0"THEN600 ELSEIFB$="C"THEN600 ELSEIFB$="V"THEN1000 ELSEIFB$="R"THEN1200 ELSEIFB$="0"THEN420 ELSE420
430 CLS:PRINT@532:"* * * F I N * * *":END
450 X=10:PRINT@192:CHR$(31):FORI=121031:SET(109:1):NEXT:PRINT@266:1:LINEINPUT*OPRA ... = *100:PRINT@330:1:LINEINPUT*CLIENTE... =
*1CL:PRINT@394:1:LINEINPUT*PROYECTO ... = *1P04
451 PRINT@450:1:LINEINPUT*LUGAR ... = *1L0:PRINTTAB(1)1:LINEINPUT*CODIGO ... = *1C0:PRINTTAB(1)1:LINEINPUT*FECHA ... = *1FE0
452 GOSUB14:IFB$="N"THEN60ELSE600340
600 PRINT@192:CHR$(31):PRINT@270:"<D> ORIFICIOS DE PARED DELGADA"CHR$(10)TAB(22)*<I> ORIFICIOS DE PARED DELGADA":PRINTTAB(26)*CONTR
ACCION INCOMPLETA"CHR$(10)TAB(22)*<S> ORIFICIOS DE PARED DELGADA":PRINTTAB(26)*DESCARGA SUMERGIDA"
602 PRINTTAB(22)*<G> ORIFICIOS DE PARED GRUESA"CHR$(10)TAB(22)*<B> VUELTA AL MENU":GOSUB13:IFB$="0"THEN600ELSEIFB$="I"THEN650ELSEIFB$
="S"THEN700ELSEIFB$="G"THEN750ELSEIFB$="0"THEN300ELSE600
604 PRINT@256:CHR$(31):PRINTTAB(13)*-----ORIFICIOS DE PARED DELGADA-----*
606 PRINT:PRINTTAB(10):INPUT*AREA DEL ORIFICIO (MTS.) = *1A:PRINTTAB(10):INPUT*CARGA HIDRAULICA (MTS.) = *1H:Q=0.6*A*(SQRT(19.62*H))1:PR
INT@716:"EL GASTO DEL ORIFICIO ES = *Q" M3/S/SEG"
610 GOSUB14:IFB$="0"THEN610ELSE340
650 PRINT@192:CHR$(31):PRINTTAB(6)* * ORIFICIO DE PARED DELGADA CONTRACCION INCOMPLETA * *
652 PRINT:PRINTTAB(15):INPUT*AREA DEL ORIFICIO (MTS.) = *1A:PRINTTAB(15):INPUT*CARGA HIDRAULICA (MTS.) = *1H
654 PRINTTAB(15):INPUT*ALTURA AL FONDO DEL ORIFICIO (MTS.) = *1J:IFJ<3*(A/2)THEN604
658 PRINTTAB(15):INPUT*AREA DEL FONDO DEL RECIPIENTE (MTS.) = *15:(2*0.6*(1-(0.641*(A/5)12))
660 Q=2*A*(SQRT(19.62*H))
662 PRINTTAB(51)*>> EL GASTO DEL ORIFICIO *Q" M3 CUB./SEG. *A*
664 GOSUB14:IFB$="0"THEN340ELSE664
700 PRINT@192:CHR$(31):PRINTTAB(20)*ORIFICIO DE PARED DELGADA ABIGADO*
702 PRINTTAB(18):INPUT*AREA DEL ORIFICIO (MTS.) = *1A:PRINTTAB(10):INPUT*CARGA HIDRAULICA (MTS.) = *1H
704 PRINTTAB(18):INPUT*ALTURA DEL FONDO AL ORIFICIO (MTS.) = *1N:PRINTTAB(18):INPUT*CARGA HIDRAULICA AGUAS ABAJO (MTS.) = *1O:IFO>(N+1)
HEN710"
706 IFO>N:IFO<(N+A)THEN712
708 IFO<NTHEN650

```

```

710 L=H-01Q=0.6*A*(SQRT(19.62*L))I:PRINTTAB(13)I:PRINT"EL GASTO DEL ORIFICIO (MTB CUB/SEG.)="I:QIGOSUB 14:IF B<>"0" THEN 610 ELSE 340
712 W=0-NIC*A-WIT*A-CIX=0.6*T*(A/2)*SQRT(19.62*H)I:Y=0.6*Q*(A/2)*SQRT(19.62*(H-01))I:Q=Y*X
714 PRINTTAB(13)"EL GASTO DEL ORIFICIO ES="Q" MTS CUB/SEG"
716 GOSUB 14:IF B<>"0" THEN 610 ELSE 340
750 PRINT 192:CHR$(31)I:PRINTTAB(20)"ORIFICIO DE PARED GRUESA"
752 PRINTTAB(18)I:INPUT"EL DIAMETRO DEL ORIFICIO (MTS)="I:DI:PRINTTAB(18)I:INPUT"EL ESPESOR DEL MURO DEL ORIFICIO (MTS)="I:E:PRINTTAB(18)
I:INPUT"LA CARGA HIDRAULICA (MTS)="I:H
754 IFE/D<0.5 THEN Z=0.6IGOTO 776
756 IFE/D<1.0 THEN Z=0.75IGOTO 776
758 IFE/D<1.5 THEN Z=0.78IGOTO 776
760 IFE/D<2.0 THEN Z=0.79IGOTO 776
762 IFE/D<2.5 THEN Z=0.80IGOTO 776
764 IFE/D<3.0 THEN Z=0.82IGOTO 776
766 IFE/D<3.5 THEN Z=0.83IGOTO 776
768 IFE/D<4.0 THEN Z=0.82IGOTO 776
770 IFE/D<4.5 THEN Z=0.80IGOTO 776
772 IFE/D<5.0 THEN Z=0.79IGOTO 776
774 IFE/D>5.0 THEN Z=0.78IGOTO 776
776 Q=Z*(SQRT(19.62*H))*((3.1416*D*D)/4)
778 PRINTTAB(18)"EL GASTO DEL ORIFICIO ES="Q" MTS CUB/SEG."
780 GOSUB 14:IF B<>"0" THEN 610 ELSE 340
800 PRINT 192:CHR$(31)I:PRINT 278:"<R> CANALES RECTANGULARES"CHR$(18)TAB(22)"<T> CANALES TRAPECIALES"CHR$(18)TAB(22)"<I> CANAL TRIAN
GULAR"
802 PRINTTAB(22)"<Q> VUELTA AL MENU"IGOSUB 13:IF B="R" THEN 804 ELSE IFE B="I" THEN 905 ELSE IFE B="A" THEN 906 ELSE IFE B="G" THEN 907 ELSE 800
804 PRINT 256:CHR$(31)I:PRINTTAB(13)"---CANAL RECTANGULAR---"
806 PRINTI:PRINTTAB(18)I:INPUT"ANCHO DEL CANAL (MTS.)="I:B:PRINTTAB(18)I:INPUT"TI RANTE PROPUESTO (MTS.)="I:Y:PRINTTAB(18)I:INPUT"N DE MANNI
NG="I:N:PRINTTAB(18)I:INPUT"PENDIENTE DEL CANAL="I:P:LET G=9.81
807 A=B*YIR=((A)/(B+(2*Y)))
808 Q=(A/N)*(R+0.666)*(P+0.5)I:W=(Q/B)I:X=((W*W)/G)+0.333
809 IF INT(Y)<>INT(X) THEN Y=XIGOTO 807
810 PRINT 716:"EL GASTO EN EL CANAL ES "Q" MTS. CUB. /SEG"
814 GOSUB 14:IF B<>"0" THEN 610 ELSE 340
830 PRINT 192:CHR$(31)I:PRINTTAB(6)"---CANAL TRAPECIAL---"
832 PRINTI:PRINTTAB(15)I:INPUT"EL ANCHO DEL CANAL EN (MTS.)="I:P:PRINTTAB(15)I:INPUT"PENDIETE DEL CANAL="I:PI:PRINTTAB(15)I:INPUT"EL TIRANT
E PROPUESTO (MTS.)="I:Y:PRINTTAB(15)I:INPUT"N DE MANNING="I:N:LET G=9.81
833 PRINTTAB(15)I:INPUT"PENDIENTE DEL TALUD 1/2 ="I:Z
834 A=(B+(Z*Y))*YI:K=(B+2*Y)*((1+Z*Z)+0.5)I:R=A/KI:Q=(A/N)*(R+0.666)*(P+0.5)
835 W=(Q/B)I:X=((W*W)/G)+0.333
836 IF INT(Y)<>INT(X) THEN Y=XIGOTO 834
837 PRINT 716:"EL GASTO EN EL CANAL ES "Q" (MTB CUB/SEG)"
840 GOSUB 14:IF B<>"0" THEN 610 ELSE 340
900 PRINT 192:CHR$(31)I:PRINTTAB(6)"---CANAL TRIANGULAR---"
902 PRINTI:PRINTTAB(15)I:INPUT"PENDIENTE DEL CANAL ="I:P:PRINTTAB(15)I:INPUT"PENDIENTE DEL TALUD 1/2 ="I:Z:PRINTTAB(15)I:INPUT"EL TIRANTE
PROPUESTO (MTS.) ="I:Y:PRINTTAB(15)I:INPUT"N DE MANNING ="I:N:LET G=9.81
904 A=Z*Y*YI:R=(Z*Y)/(2*SQRT(1+Z*Z))I:Q=(A/N)*(R+0.666)*(P+0.5)
908 PRINT 716:"EL GASTO EN EL CANAL ES "Q" (MTB CUB/SEG.)"
914 GOSUB 14:IF B<>"0" THEN 610 ELSE 340
1000 PRINT 192:CHR$(31)I:PRINT 278:"<R> VERTEDEDOR RECTANGULAR"CHR$(18)TAB(22)"<I> VERTEDEDOR RECTANGULAR PARED INCLINADA"CHR$(18)TAB(22)
"<T> VERTEDEDOR TRIANGULAR"CHR$(18)TAB(22)"<A> VERTEDEDOR TRAPECIAL"
1001 PRINTTAB(22)"<G> VERTEDEDOR PARED GRUESA"CHR$(18)TAB(22)"<C> VERTEDEDOR C)RCULAR"CHR$(18)TAB(22)"<Q> VUELTA AL MENU"IGOSUB 13
1002 IFE B="R" THEN 1003 ELSE IFE B="I" THEN 1002 ELSE IFE B="A" THEN 1004 ELSE IFE B="G" THEN 1005 ELSE IFE B="C" THEN 1006 ELSE IFE B="Q"
THEN 907 ELSE 800
1003 PRINT 192:CHR$(31)I:PRINTTAB(6)"---VERTEDEDOR RECTANGULAR---"
1004 PRINTI:PRINTTAB(15)I:INPUT"EL ANCHO DE LA CRESTA (MTS.)="I:B:PRINTTAB(15)I:INPUT"LA CARGA HIDRAULICA (MTS.)="I:H
1005 G=1.7222*B*(H+1.5)
1006 PRINT 716:"EL GASTO DEL VERTEDEDOR ES "Q" (MTB CUB/SEG)"
1008 GOSUB 14:IF B<>"0" THEN 610 ELSE 340
1012 PRINT 192:CHR$(31)I:PRINTTAB(6)"---VERTEDEDOR RECTANGULAR PERED INCLINADA"
1014 PRINTI:PRINTTAB(15)I:INPUT"EL ANCHO DE LA CRESTA (MTS.)="I:B:PRINTTAB(15)I:INPUT"LA CARGA HIDRAULICA (MTS.)="I:H:PRINTTAB(15)I:INPUT"LA
INCLINACION DEL MURO ="I:H
1015 R=1.1915-0.3902*(H/100)I:G=1.7222*R*B*(H+(1.5))
1016 PRINT 716:"EL GASTO DEL VERTEDEDOR ES "Q" MTS. CUB. /SEG"

```

```

1010 GOSUB14:IFB<>*A*THEN610ELSE340
1024 PRINT@192,CHR$(31):PRINTTAB(6)*VERTEDOR TRIANGULAR *
1026 PRINT:PRINTTAB(15):INPUT*EL ANGULO DEL VERTEDOR(C)*:I0:PRINTTAB(15):INP *ALTIMA H2O ABAJO(MTS)*:I:P:PRINTTAB(15):INPUT*ALTURA D
EL MURO DEL VERTEDOR (MTS)*:I0
1028 IFP=>UTHENGOTO1060
1030 Q=1.32*TAN(O/2)*(H+2.47)
1032 PRINT@716,*EL GASTO DEL VERTEDOR ES *Q* MTS CUD /SEG*
1034 GOSUB14:IFB<>*A*THEN610ELSE340
1036 PRINT@192,CHR$(31):PRINTTAB(6)*--VERTEDOR TRAPEZIAL--*
1038 PRINT:PRINTTAB(15):INPUT*VELOCIDAD DEL FLUJO (MTS/SEG)*:I:PRINTTAB(15):INPUT*CARGA HIDRAULICA (MTS)*:I:H:LETG=9.81
1040 Q=1.038*(H-0.2*H)*(((H+(V*V)/(2*G))+1.5)-((V*V)/(2*G))+1.5)
1042 PRINT@716,*EL GASTO DEL VERTEDOR ES *Q* MTS. CUB./SEG*
1044 GOSUB14:IFB<>*A*THEN610ELSE340
1046 PRINT@192,CHR$(31):PRINTTAB(6)*VERTEDOR DE PARED GRUESA*
1050 PRINT:PRINTTAB(15):INPUT*EL ANCHO DE LA CRESTA (MTS)*:I:B:PRINTTAB(15):INPUT*CARGA HIDRAULICA (MTS)*:I:H:PRINTTAB(15):INPUT*GRUES
O DEL VERTEDOR (MTS)*:I:N
1052 F=N/211*0.7*0.185/(F/H)I0=I+1.722*B*(H+1.5)
1054 PRINTTAB(18)*EL GASTO DEL VERTEDOR ES *Q* (MTS CUB/SEG)*
1056 GOSUB14:IFB<>*A*THEN610ELSE340
1060 PRINT@192,CHR$(31):PRINTTAB(18)*--VERTEDOR CIRCULAR--*
1062 PRINT:PRINTTAB(15):INPUT*ANCHO DE LA CRESTA (MTS)*:I:D:PRINTTAB(15):INPUT *CARGA HIDRAULICA (MTS)*:I:H
1064 IFH/D<=0.05THENJ=0.0272:GOTO1074
1065 IFH/D<=0.10THENJ=0.1072:GOTO1074
1066 IFH/D<=0.15THENJ=0.2380:GOTO1074
1067 IFH/D<=0.20THENJ=0.4173:GOTO1074
1068 IFH/D<=0.25THENJ=0.6428:GOTO1074
1069 IFH/D<=0.30THENJ=0.9119:GOTO1074
1070 IFH/D<=0.35THENJ=1.2223:GOTO1074
1071 IFH/D<=0.40THENJ=1.5713:GOTO1074
1072 IFH/D<=0.45THENJ=1.9559:GOTO1074
1073 IFH/D>0.45THENJ=2.37340:GOTO1074
1074 N=0.555*(D/(110*H))+0.04*H/D):I0=H*J*(D+2.5)
1076 PRINT@716,*EL GASTO DEL VERTEDOR ES *Q* MTS CUD /SEG*
1078 GOSUB14:IFB<>*A*THEN610ELSE340
1080 T=P/H/K=(SQR(1-T))*(1+(0.5*T)+(3/B)*T):I0=1.32*K*TAN(O/2)*(H+2.47)
1082 GOTO1032
1080 GOTO1204
1084 JT=I:PRINT@192,CHR$(31):PRINTTAB(6)*CALCULO DE REDES DE TUBERIAS POR EL METODO DE CROSS EN REDES DE CUATRO LINEAS CONSIDERANDO
EL FLUJO Y DIRECCION DEL AGUA.*
1206 PRINT@336,II:INPUT*POBLACION TOTAL =:I:P:PRINT@415,II:INPUT*DOTACION POR PERSONA ES =:I:D:PRINT@450,II:INPUT* LONGITUD TOTAL DE LA
RED =:I:G
1208 U=(P0*D0/86400)*(1.2*1.15):Q=U/G
1209 D=1.45*(SQR(Q))
1210 PRINTTAB(10)*GASTO DE LA RED =*Q* (MTS CUB/SEG)*:PRINTTAB(10)*DIAMETRO OPTIMO ES =*D* (MTS)*
1211 M=0:N=0:P=B:I=R=0:X=0:Z=0:L=B:A(20)=0:A(21)=0:A(22)=0:A(23)=0:GOSUB12:IFB<>*N*THENPRINT@336,CHR$(31):GOTO1206ELSEPRINT@336,CH
R$(31)
1212 PRINTTAB(15):INPUT*LONGITUD DEL PRIMER TRAMO (MTS) =:I:A(1):PRINTTAB(10):INPUT*GASTO INICIAL DEL PRIMER TRAMO (MTS) =:I:A(1):I0A=
A(10)
1214 IFA(20)=0GOTO1218
1216 LETA(10)=A(20):LETA(20)=0
1218 H=(0.00103*A(11)*A(10)*A(10))/(D+5.333):B=H/A(10)
1220 IFH<>0ANDX<>0THENGOTO1230
1222 M=H*I:Y=B*I:C=A(10)
1224 IFA(21)<>0GOTO1227
1226 PRINTTAB(15):INPUT*LONGITUD DEL SEGUNDO TRAMO (MTS)=:I:A(2):PRINTTAB(10):INPUT*GASTO INICIAL DEL SEGUNDO TRAMO (MTS CUD/SEG)=:I:A
(11):QB=A(11):GOTO1228
1227 LETA(11)=A(21):LETA(21)=0
1228 H=(0.00103*A(21)*A(11)*A(11))/(D+5.333):B=H/A(11)
1230 IFN<>0ANDX<>0THEN1242
1232 N=H*I:X=B*I:E=A(11)
1234 IFA(22)<>0GOTO1238
1236 PRINTTAB(15):INPUT*LONGITUD TERCER TRAMO (MTS.) EB =:I:A(3):PRINTTAB(10):INPUT*GASTO INICIAL DEL TERCER TRAMO (MTS CUB /SEG) =:I

```

```

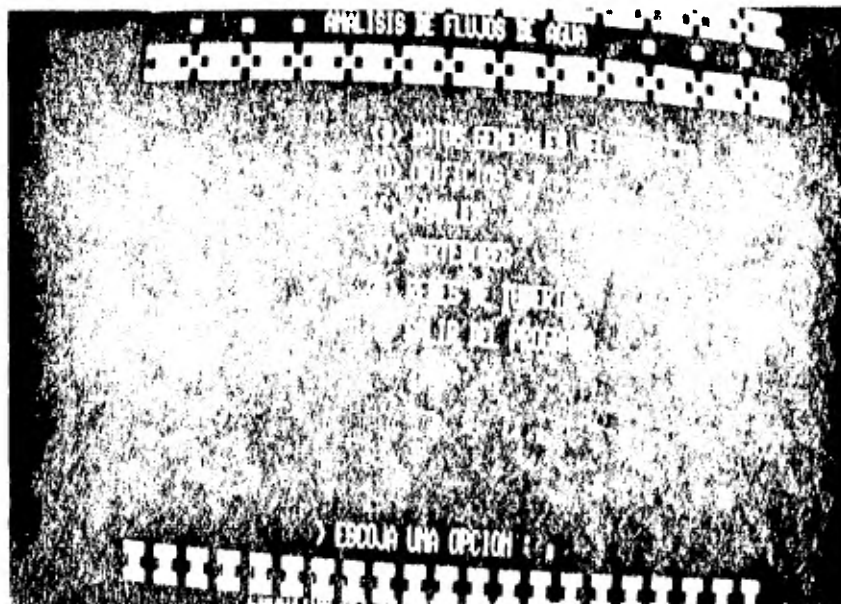
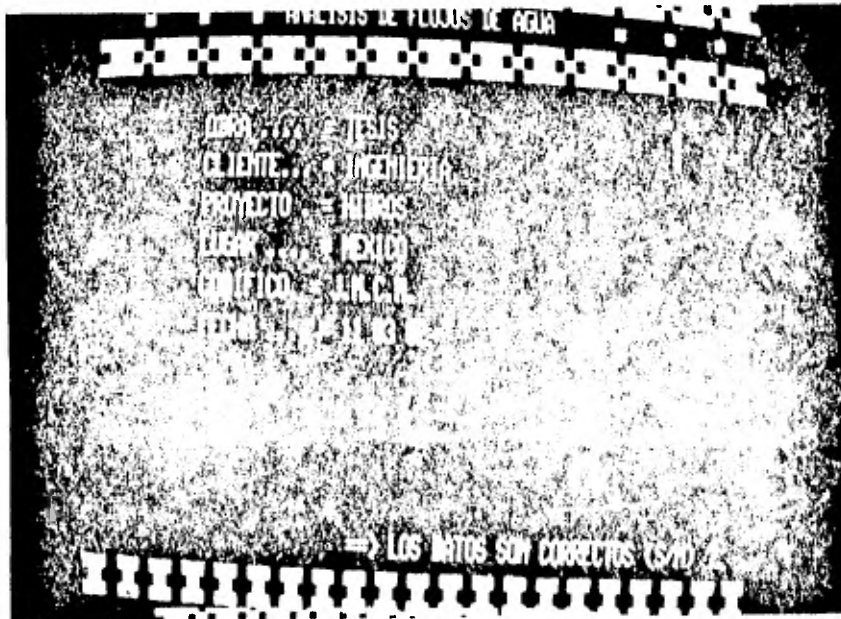
A(12)IGOTO1240
1237 QC=A(12)IGOTO1240
1238 LETA(12)=A(22)LETA(22)=0
1240 H=(0.00103*A(3)*A(12)*A(12))/(D+5.333)IB=H/A(12)
1242 IFP<>0IFZ<>0GOTO1254
1244 P=H+Z=BIF=A(12)
1246 IFA(23)IGOTO1250
1248 PRINTTAB(15)INPUT'LONGITUD DEL CUARTO TRAMO (MTB) ='IA(4)PRINTTAB(18)INPUT'GASTO INICIAL DEL CUARTO TRAMO (MTB CUB/BEG)='IA(
14)IGOTO1252
1249 QD=A(14)IGOTO1252
1250 LETA(14)=A(23)LETA(23)=W
1252 H=(0.00103*A(4)*A(14)*A(14))/(D+5.333)IB=H/A(14)
1254 IFR<>0IFL<>0GOTO1258
1256 R=H+L=BIS=A(14)
1258 W=M+N+P+R+K=Y+Z+X+LIV=W/(1.05*K)
1260 IFV<0.05*QAGOTO1272
1262 IFV<0.05*QBGOTO1272
1264 IFV<0.05*QCGOTO1272
1266 IFV<0.05*QDGO1272
1268 PRINTAB(B)'EL GASTO EN EL PRIMER TRAMO EB ='C'(MTB/CUB/BEG)'PRINTAB(B)'EL GASTO EN EL SEGUNDO TRAMO EB ='E'(MTB/CUB/BEG)'PR
INTTAB(B)'EL GASTO EN EL TERCER TRAMO EB='F'(MTB/CUB/BEG)'
1269 PRINTTAB(18)'EL GASTO EN EL CUARTO TRAMO ES ='B'(MTB CUB/BEG)'
1270 GOSUB14:IFB<>'B'THEN610ELSE340
1271 END
1272 A(20)=(N/Y)-(V)IA(21)=(N/X)-(V)IA(22)=(P/Z)-(V)IA(23)=(R/L)-(V)
1273 LETM=0ILETN=0ILETP=0ILETR=0ILETY=0ILETX=0ILETZ=0ILETL=0
1274 PRINT@1000,'ITERACION = 'IT:IT=IT+1IGOTO1214
A B E B O R : ING. JORGE GONZALEZ MORENO

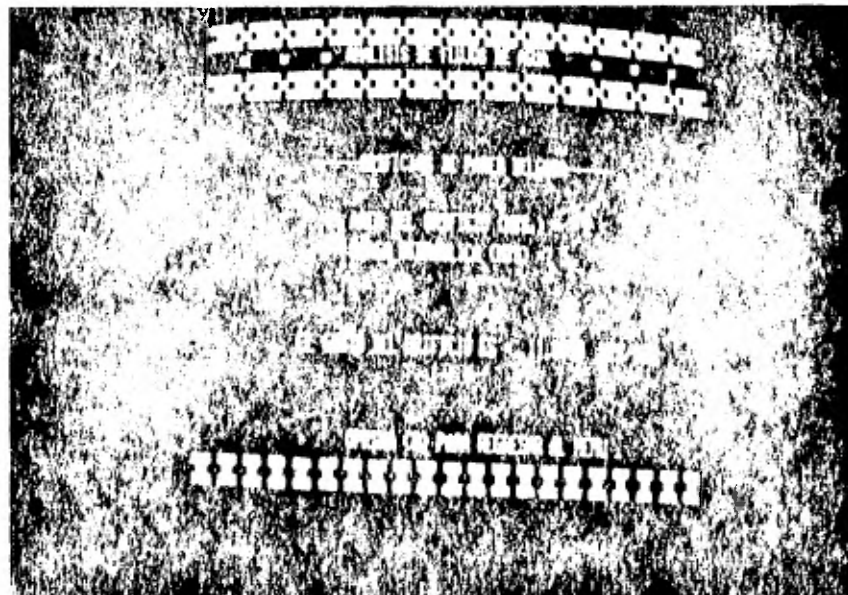
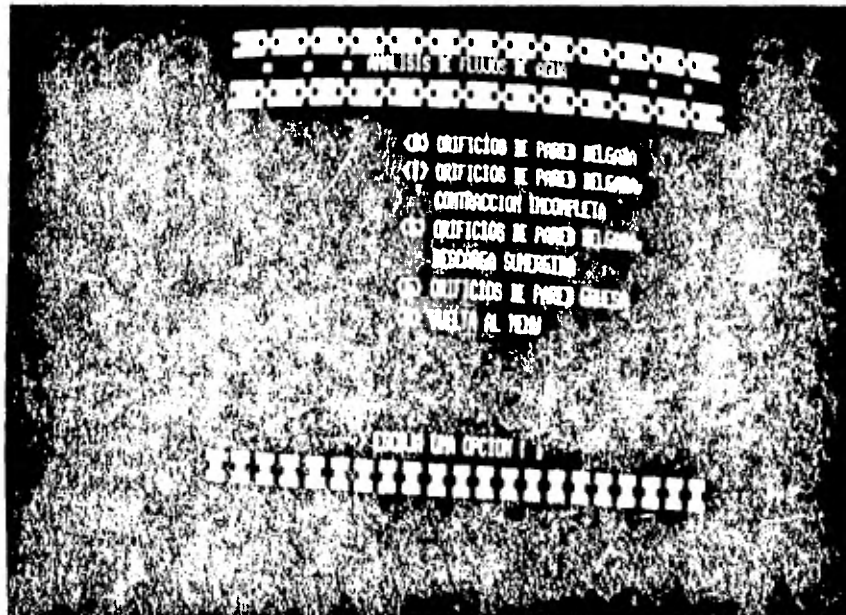
```

C A P I T U L O   V I

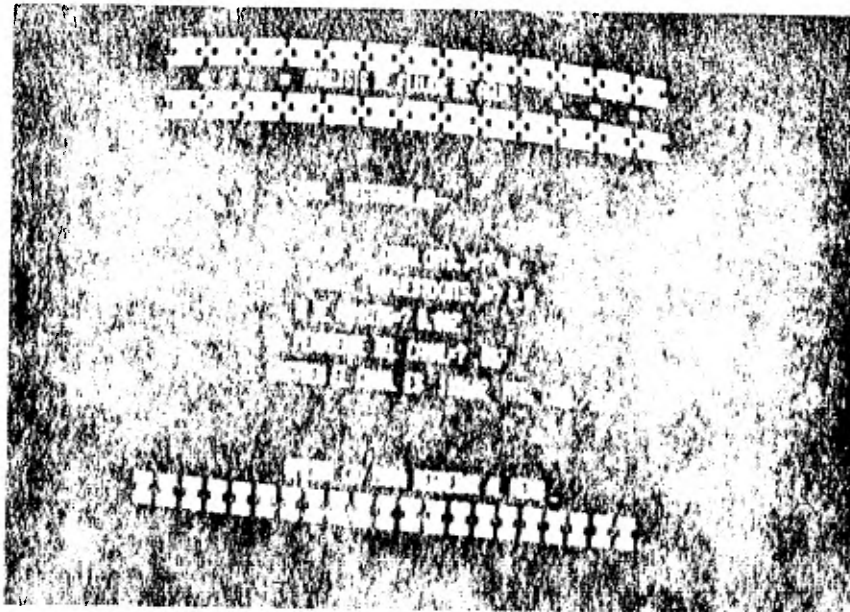
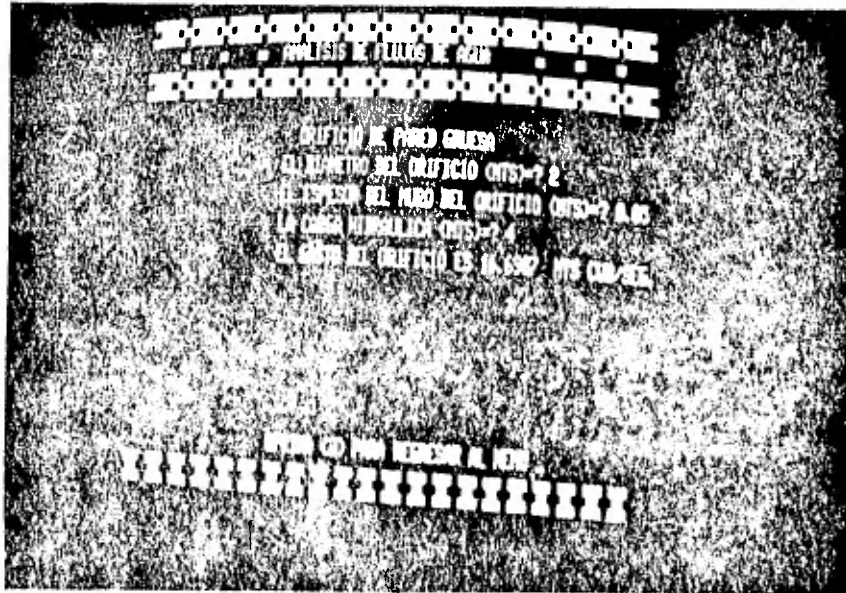
E J E R C I O S .

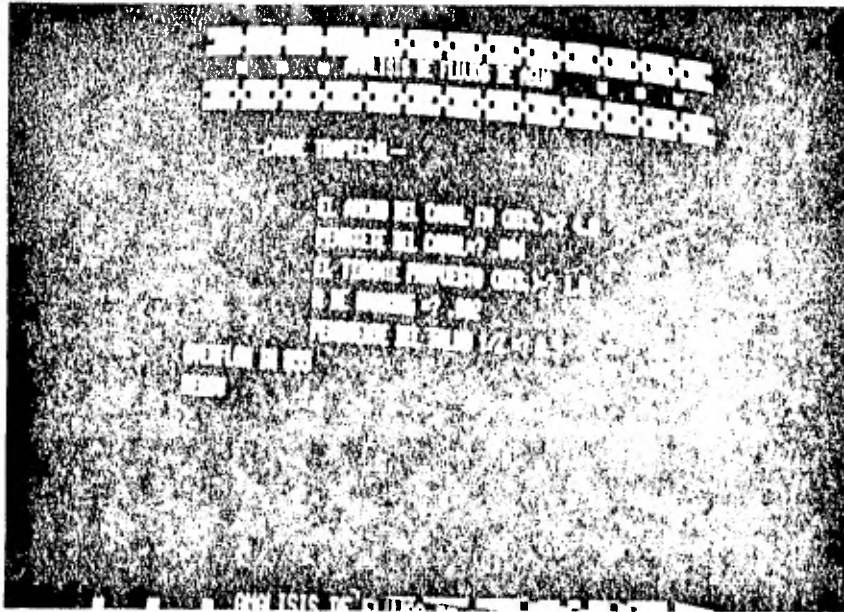


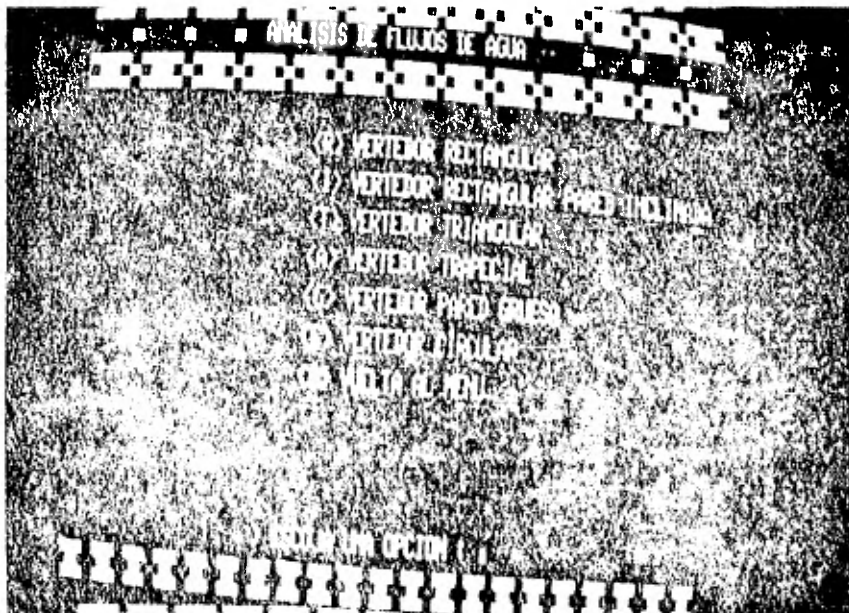


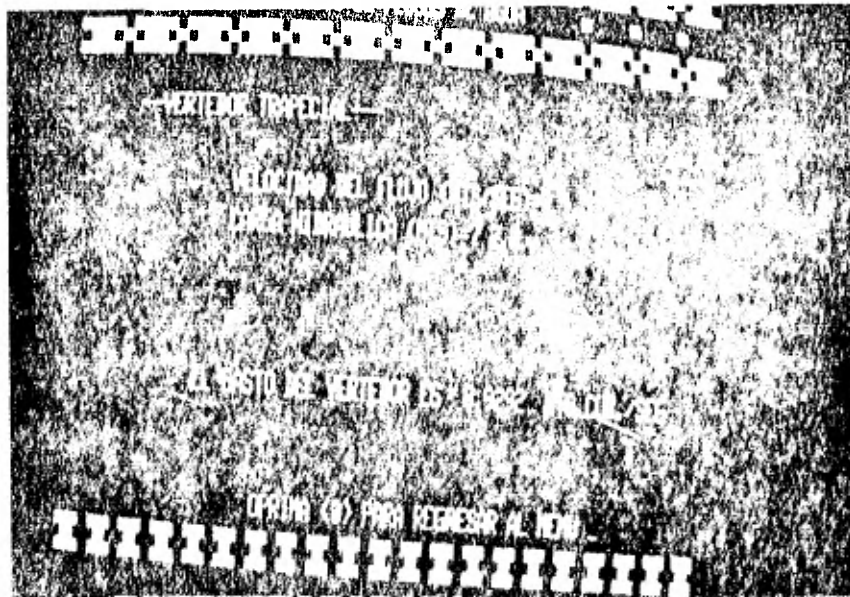
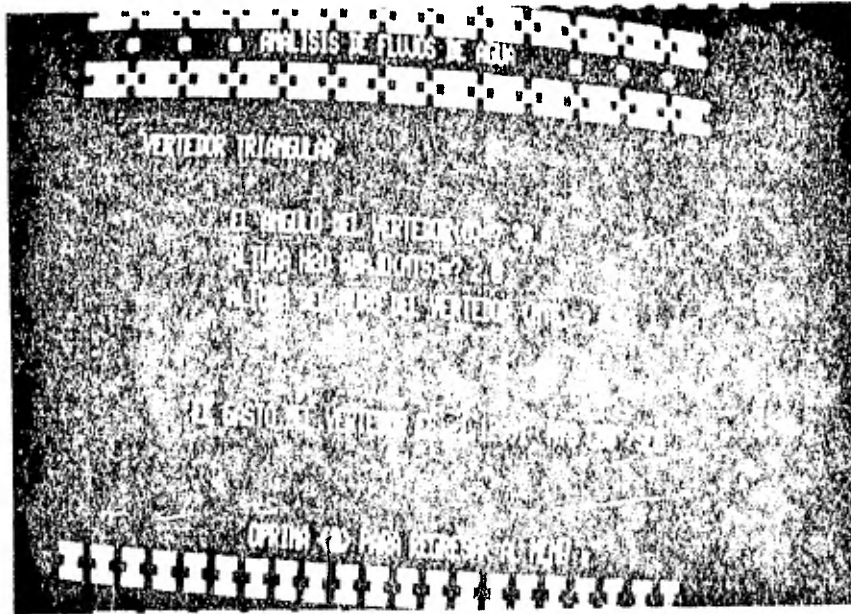


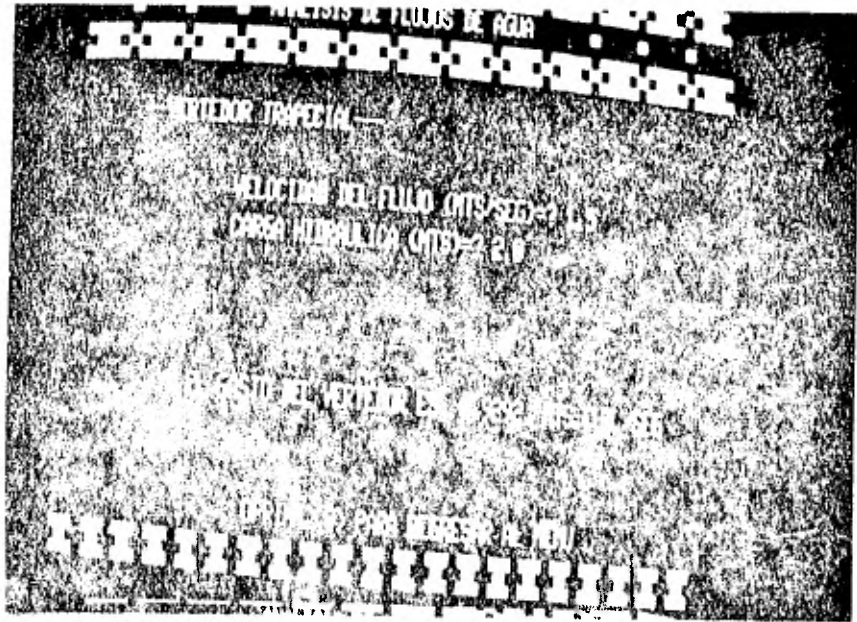




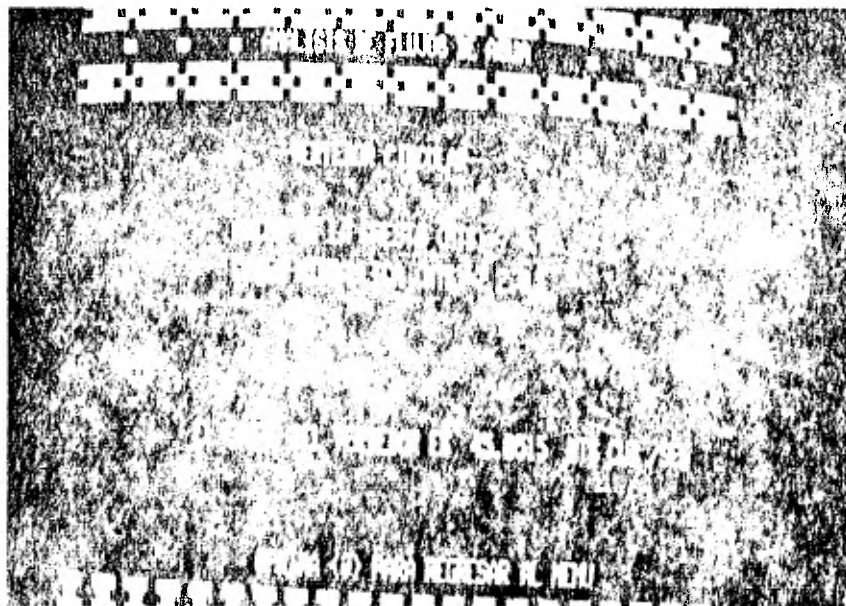
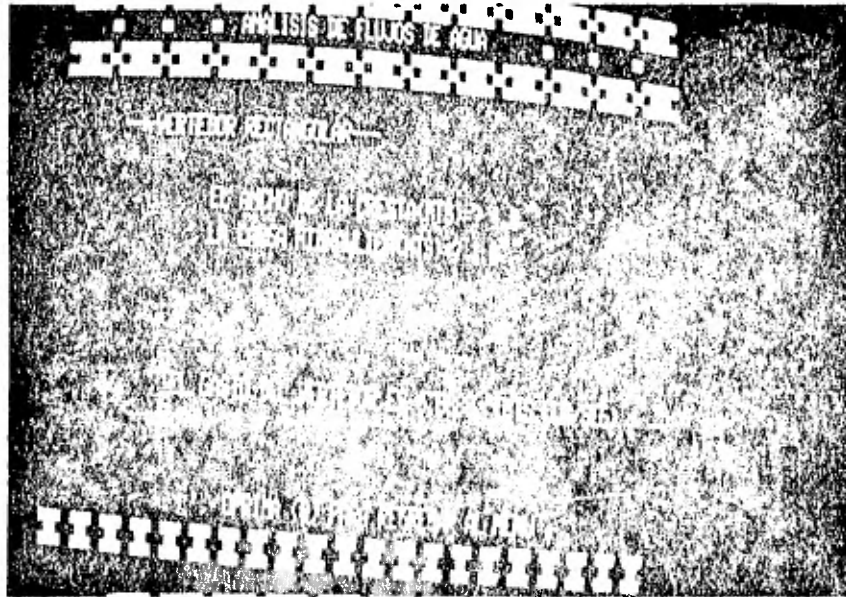


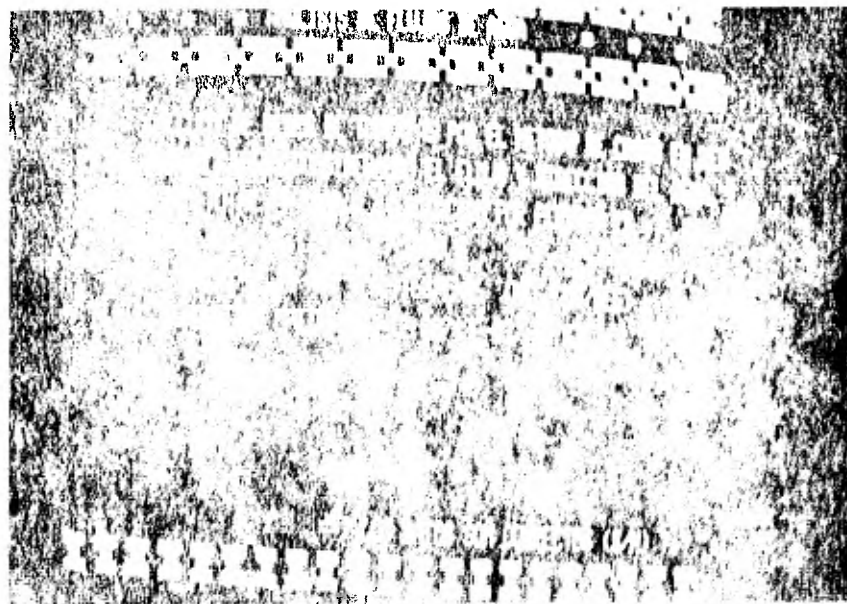
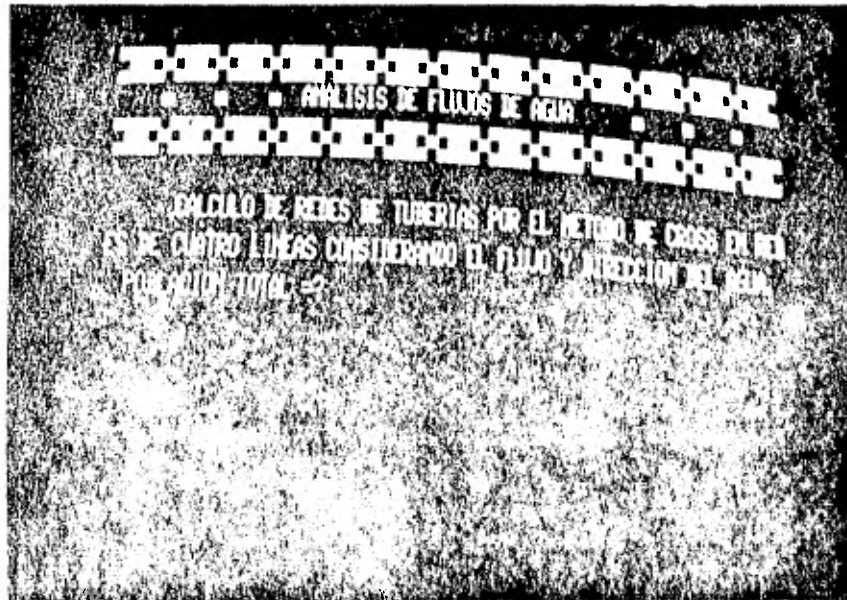








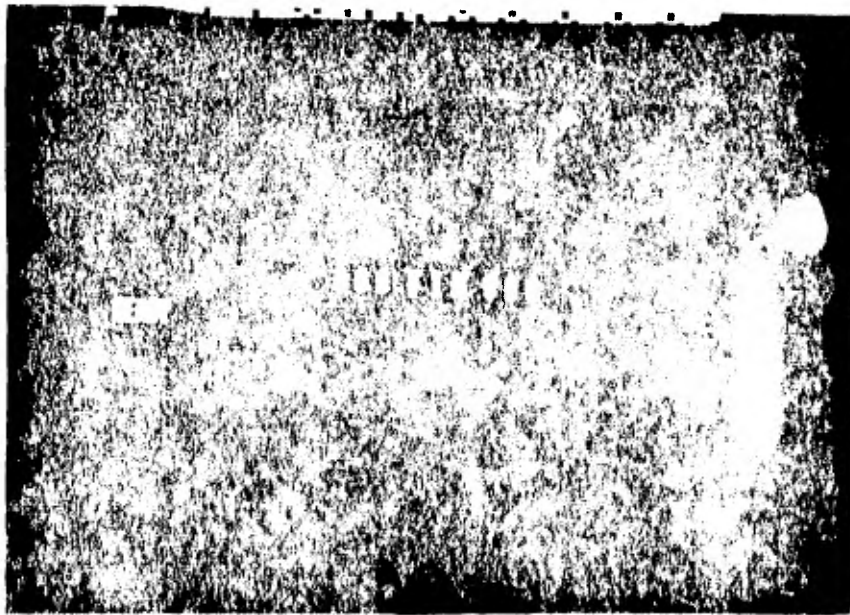




CALCULO DE REDES DE TUBERIAS POR EL METODO DE CROSS EN RED  
 ES DE CUATRO LINEAS CONSIDERANDO EL TIPO Y DIRECCION DEL TUBO  
 LONGITUD DEL PRIMER TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL PRIMER TUBO (M) 200  
 LONGITUD DEL SEGUNDO TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL SEGUNDO TUBO (M) 200  
 LONGITUD DEL TERCER TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL TERCER TUBO (M) 200  
 LONGITUD DEL CUARTO TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL CUARTO TUBO (M) 200

LONGITUD DEL PRIMER TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL PRIMER TUBO (M) 200  
 LONGITUD DEL SEGUNDO TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL SEGUNDO TUBO (M) 200  
 LONGITUD DEL TERCER TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL TERCER TUBO (M) 200  
 LONGITUD DEL CUARTO TUBO (M) 200  
 COSTO INDICIA DEL CUARTO TUBO (M) 200

(M/SEG)



Símbolos y Abreviaturas.-

P= Presión  $\text{Kg/m}^2$

W= Peso específico ( $\text{Kg/m}^3$ )

V= Velocidad media (M/seg)

g= Aceleración de la gravedad (9.81  
 $\text{m/seg}^2$ )

Z= Elevación , altura topográfica,  
cota (m)

$H_L$ = Pérdida de carga (m)

A= Area transversal ( $\text{m}^2$ )

$C_v$ = Coeficiente de velocidad

$C_c$ = Coeficiente de contracción

Q= Gasto ( $\text{m}^3/\text{seg}$ )

$C_d$ = Coeficiente de gasto

R = Número de Reynolds

$C_{d.}$  = Coeficiente de gasto para ori-  
ficios de contracción incomple-  
ta.

A= Area del orificio, área del canal

Ao = Area de la pared del recipiente  
con el orificio en contacto con  
el agua.

H= Carga de posición o altura de agua  
al punto medido; carga hidráulica

AH = Carga diferencial entre niveles  
de líquidos.

C= Profundidad del orificio a la base del  
recipiente

$l$  = Long. tubo corto

D = Diámetro de tubería y orificio

B= Ancho del canal

b = Ancho del vertedor

$\phi$  = Diámetro de canal circular

$e'$  = Coeficiente de contracción de  
vertedores

$N$  = Altura del muro del vertedor

$o$  = Altura aguas abajo del orificio  
o vertedor

$\theta$  = Angulo del vertedor

$r$  = Radio de la cresta del Vertedor

$t$  = Tirante normal

$R$  = Radio hidráulico

$S$  o = Pendiente

$n$  = Número de Manning

$Q_e$  = Gasto específico

$H_o$  = Pérdidas de Carga

$q$  = Corrección de gasto

Bibliografía.-

- "Manual del usuario del sistema microcomputador TRS-80 Pocket Computer"  
" Japan" 1981 Radio Shack
- "Manual del usuario para nivel 1 del Sistema minicomputadora TRS -80"  
Radio Shack
- "Doce algoritmos para resolver problemas de hidráulica" Universidad Nacional Autónoma de México . 1978
- " Hidráulica " Ing. Gilberto Sotelo A  
Universidad Nacional Autónoma de México . 1971
- " Open Channel Hydraulics" Ven te Chow  
International Student Edition Mc Graw  
Hill.
- " Mecánica de fluidos" Schaum  
Mc Graw-Hill.