

15 870115  
24

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA



TESE CON  
FALLA DE ORIGEN

PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA ANALISIS  
DE REDES CERRADAS.

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTA

JUAN BERNARDO MANRIQUEZ PANIAGUA

GUADALAJARA, JAL.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## INDICE

### "PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA ANALISIS DE REDES CERRADAS"

I.	Introducción.	
I.1	Qué es una Red Cerrada?.....	Fag. 1
I.2	Los principios de Mecánica de Fluidos y el Análisis de la Red.....	Fag. 2
I.3	Distribución de Agua por medio de una Red Cerrada.....	Fag. 3
I.4	Análisis Hidráulico de las tuberías de Distribución.....	Fag. 5
I.5	Métodos de Análisis Hidráulicos en Redes Complejas.....	Fag. 7
II.	Teoría del Método de Cross.	
II.1	Fórmulas y Principios del Método de Cross.....	Fag. 9
II.2	Precedentes Aritméticos.....	Fag. 12
III.	Diagrama de Flujo.	
III.1	Diagrama de Flujo del Programa.....	Fag. 14
IV.	Listado del Programa.	
IV.1	Nomenclatura.....	Fag. 18
IV.2	Manera de Operación del Programa.....	Fag. 18
IV.3	Listado.....	Fag. 26
V.	Aplicaciones.	
V.1	Ejemplo.....	Fag. 28
VI.	Conclusiones.	
VI.1	Conclusiones del presente trabajo.....	Fag. 31
	Bibliografía.	

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1 Qué es una Red Cerrada?

Dentro del análisis de redes cerradas existen una serie de tópicos que deben manejarse con cierta familiaridad.

Partiendo de esta base anterior, comenzaremos por tratar de explicar la idea de "Red Cerrada".

Una Red Cerrada o Red de tubos consiste en la agregación de tubos conectados que se usan para distribuir algún fluido (generalmente hablamos de agua) a los usuarios de un área específica, por ejemplo, una ciudad o una subdivisión de ésta.

La red se forma de tubos de varios tamaños, orientaciones geométricas y características hidráulicas, ras borlas, válvulas, accesorios y similares. La Fig. 1.1 muestra una red sencilla vista en planta.

Las juntas de los tubos indican por las letras mayúsculas A hasta E, los tubos individuales por los números 1 al 10 y los circuitos (circuitos cerrados de tubos) por los números romanos I al III. Se supone que los fluidos son positivos cuando se efectúan en sentido horario o dextrogiro alrededor de cada circuito. Los tubos 1, 3, 4 y 2 comprenden el circuito I; los tubos 4, 6, 10 y 7 comprenden el circuito II. El tubo 4 es común en ambos circuitos.

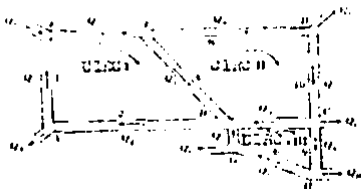


Fig. 1.1

## I.2 Principios de Mecánica de Fluidos y el Análisis de la Red.

La solución de cualquier problema de redes debe satisfacer los principios de continuidad y de Bernoulli a través de toda la red.

El principio de continuidad establece que el régimen neto de flujo en cualquier junta de tubos, debe ser cero.

El principio de Bernoulli requiere que en cualquier junta sólo exista una posición de la línea de energía, esto es, que la pérdida neta de carga alrededor de cada gaza sencilla (vease la Fig. 1.1) de la red, debe valer cero.

Aplicando estos principios a cada junta y a cada gaza de la red en la figura 1.1, se tiene un juego de ecuaciones simultáneas.

Las ecuaciones para la gaza I, son:

$$\sum_A Q = -Q_A + Q_2 - Q_1 = 0$$

$$\sum_V Q = Q_1 + Q_f - Q_3 = 0$$

$$\sum_C Q = Q_3 - Q_4 - Q_8 = 0$$

$$\sum_B Q = -Q_2 + Q_4 + Q_7 + Q_5 = 0$$

$$\sum_Z H_L = K_1 Q^m + K_3 Q_3^n + K_4 Q_4^n + K_2 Q_2^n = 0$$

Para las otras gazas existen ecuaciones similares. Se han supuesto las direcciones para la red de flujo (1) (estas pueden no ser las direcciones de flujo verdaderas).

Se supone que se conocen también la longitud, el diámetro y las características de las bombas, y la distribución de la red y sus elevaciones (necesarias si se van a determinar las presiones).

(1) Comúnmente se conoce en la práctica al régimen de flujo como gasto o caudal.

### 1.3 Distribución de Agua por medio de una Red Cerrada.

Un sistema de distribución de agua debe ofrecer un suministro seguro de agua potable en cantidad suficiente y a una presión adecuada para usos domésticos y de protección contra incendio. Para tener un servicio doméstico adecuado, la presión en la tubería principal en la toma del consumidor, por lo general, no debe ser menor de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ . Pero si la instalación es de tamaño grande, son suficientes  $1.25 \text{ kg/cm}^2$ .

En zonas con laderas con pendiente fuerte, se suele dividir el sistema en varias zonas de presión, interconectadas con bombas y reguladores de presión.

Como cada zona adicional aumenta los costos y reduce la seguridad, es deseable que su número sea mínimo.

El Sistema Inter municipal de Agua Potable y Alcantarillado ha recomendado que se tome de  $1.0$  a  $1.5 \text{ kg/cm}^2$  como variación deseable para las presiones; pero, en zonas de topografía abrupta, en donde las diferencias en altura en la misma localidad pueden ser grande, no resulta práctica una variación tan estrecha.

La instalación domiciliaria se diseña para soportar una presión máxima entre  $4.5$  y  $5.0 \text{ kg/cm}^2$  aproximadamente. Cuando la presión en las tuberías de distribución es mayor de  $5.0 \text{ kg/cm}^2$  aproximadamente, es necesario registrar reguladores de presión en cada toma, para evitar daños a los artefactos, como calentadores de agua y lavaderos de ropa y vajillas.

Los requisitos de presión para combate de incendios dependen de la técnica y el equipo empleados. Cuatro métodos para suministrar protección contra incendios son:

1. Uso de carros bomba que toman agua de un hidrante. Este método se utiliza en la mayoría de las comunidades grandes que cuentan con servicio permanente de bomberos.

La presión requerida en el área inmediata al incendio es de  $1.5 \text{ kg/cm}^2$ .

2. Mantener de una presión adecuada en todo momento en el sistema de distribución para poder conectar directamente las mangueras de los hidrantes.

Esta técnica se suele utilizar en comunidades pequeñas en donde los bomberos casi siempre son voluntarios y no tienen carros bomba.

La presión en el sistema de distribución en la vecindad del incendio debe ser entre 3.50 y 5.00 kg/cm<sup>2</sup> aproximadamente.

3. Uso de bombas estacionarias contra incendios en diversos puntos en el sistema de distribución para aumentar la presión durante un incendio y permitir la conexión directa de las mangueras con los hidrantes.

Este método no es tan seguro ni se usa tanto como los dos anteriores.

4. Uso de un sistema separado de distribución a alta presión, solo para incendios.

Hay unos cuantos casos en que se utiliza este método en los distritos de alto valor comercial en ciudades muy grandes, pues el costo de un sistema doble de distribución suele ser prohibitivo.

Los sistemas de distribución se suelen tender en un sistema de enmallado, con conexiones transversales a diversos intervalos.

Se deben evitar los tubos muertos, porque ocasionan problemas con la calidad del agua.

Las velocidades caudalicas son alrededor de 0.91 a 1.22 mts/seg, aunque durante los incendios pueden ser mucho mas altas.

Puede utilizarse tubo de 2 y de 4 pulgadas de diámetro (aproximadamente 5 y 10 cms. ), en tramos cortos para las zonas residenciales; pero se exige tubo de 4 pulgadas (10 cms. ) en el servicio contra incendios en las zonas residenciales.

En el distrito de alto valor comercial, histórico o artístico, se requiere usar tubo de 4 pulgadas con conexiones transversales en cada calle. Las normas del SIAIA también requieren el uso de válvulas de compuerta, colocadas de modo que ningún caso de rotura de tubo, fuera de las arterias principales, requiera cortar el servicio de una de las arterias o de más de 15 mts. de tubo en distritos de alto valor, ni de más de 200 mts. aproximadamente en ningún área. Todos los tubos pequeños para la distribución que salen de la red principal deben estar equipados con válvulas.

El recubrimiento requerido sobre los tubos de distribución depende del clima, del tamaño de la red principal y del tráfico.

Si hay tuberías principales grandes colocadas debajo de calles con tráfico pesado, se deben investigar los esfuerzos producidos por las cargas de las ruedas.

El mantenimiento de los sistemas de distribución incluye llevar registros, limpieza y revestimiento de tubos, localizar y reparar fugas, inspección de hidrantes y válvulas y muchas otras funciones necesarias para eliminar los problemas en la operación.

Las válvulas se deben inspeccionar cada año y los hidrantes para incendios, cada semestre.

Se deben llevar registros de todas las inspecciones y reparaciones.

Los tubos de distribución sin revestimiento interior después de años de uso, pierden gran parte de su capacidad por la corrosión y las incrustaciones. La limpieza y el revestimiento con mortero de cemento los restaura la capacidad original.

Los tubos muertos o cerrados se deben lavar a intervalos periódicos, para reducir la acumulación de herrumbre y materia orgánica.

#### 1.4 Análisis hidráulico de las tuberías de distribución.

El servicio hidráulico de las tuberías requieren conocer la pendiente hidráulica en muchos puntos en un sistema de distribución, para diversos gastos. Se han desarrollado varios métodos, basados en las siguientes reglas, para el análisis de redes complejas.

1. La pérdida de carga en un conducto varía con una potencia del gasto.
2. La suma algebraica de todos los gastos de entrada y salida en cualquier unión de tubos es igual que cero.
3. La suma algebraica de todas las pérdidas de carga



alrededor de un circuito es igual a cero.

Un dispositivo conveniente para simplificar las redes complejas de diversos tamaños es el "tubo equivalente".

En sustitución de una serie de tubos de diferentes tamaños o de varios tubos paralelos, puede utilizarse un tubo de cualquier diámetro deseado y de longitud específica o de longitud demandada y un diámetro específico, que dé la misma pérdida de carga que el original para todos los gastos, si no hay aportaciones o extracciones entre los dos puntos de extremo. En las redes complejas, el tubo equivalente se usa sobre todo para simplificar cálculos. Ejemplo. Determinese el tubo equivalente de 8 pulgadas de diámetro que tenga la misma pérdida de carga que las secciones de tubo desde A hasta D en la figura 1.4.1.a

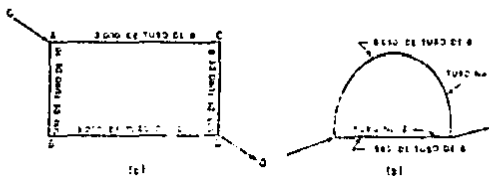
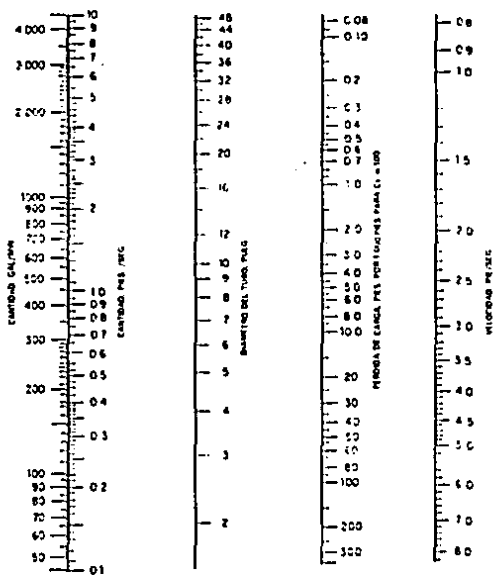


Fig. 1.4.1.a

Primero se transforman los tubos CD, AB y BD en tramos equivalentes de tubo de 8 pulgadas; después se transforman las secciones resultantes en un sólo tubo de 8 pulgadas con la misma pérdida de carga. La forma más sencilla es utilizar una regla de cálculo hidráulica o un nomograma (Fig. 1.4.1.c)\*

Supóngase cualquier gasto conviene en CD quizá 500 galones/minuto. En la figura 1.4.1.c se indica que la pérdida de carga en 1000 pies de tubo de 6 pulgadas (304.9 mts de tubo de 15.0 cm) es de 32 pies (9.8 mts) y en 1000 pies de tubo de 8 pulgadas (20.0 cm) es de 7.8 pies (2.4 mts). Entonces, la longitud equivalente de tubo de 8 pulgadas para CD es  $500 \times 32 / 7.8 = 2050$  pies (625 mts). En forma similar, el tubo equivalente para AB debe ser de 165

Fig. 1.4.1.c equivale a la figura 21-84 pg. 21-112 del Manual del Ingeniero Civil de Merritt.



Nomograma para la formula de Williams y Hazen.

Figura 1.4.1.c

pies de longitud (50.3 mts) y para BD, de 420 pies de longitud (128.0 mts). La red de tubos de 8 pulgadas se ilustra en la figura 1.4.1.b. Consta del tubo 1,  $3000 + 2050 = 5050$  pies de longitud (que equivalen a 1539.6 y 178.4 metros respectivamente).

Para reducir los tubos en paralelo a un tubo equivalente de 8 pulgadas (20.0 cm) supóngase un caudal de 1000 galones/minuto en el tubo 2. Para este gasto, la pérdida de carga en un tubo de 8 pulgadas, por cada 1000 pies es de 29 pies (8.8 mts).

Por tanto, la pérdida de carga en el tubo 2 sería  $29 \times 585/1000 = 17$  pies (5.2 metros). Como los tubos están conectados en paralelo, la pérdida de carga en el tubo 1 también deber ser de 17 pies o 3.37 pies por 1000 pies. El gasto que producirá ésta pérdida de carga en un tubo de 8 pulgadas es de 310 galones/minuto (Fig. 1.4.1.c). Por tanto, el tubo equivalente debe conducir  $1000 + 310 = 1310$  galones/minuto con un pérdida de carga de 48 pies en 1000 pies (14.6 mts. en 304.9 mts) según la figura 1.4.1.c. Para una pérdida de 17 pies, un tubo de 8 pulgadas debería tener una longitud de  $1000 \times 17/48 = 350$  pies (106.7 mts). Por tanto los tubos entre A y D son equivalentes a un sólo tubo (Fig. 1.4.1.a) de 8 pulgadas y 350 pies de longitud.

#### 1.5 Métodos de Análisis Hidráulicos en Redes Complejas.

Para redes complicadas, existen una serie de métodos para su estudio analítico.

Los tres métodos de análisis en uso más generales son:

1. Los tanteos sin control.
2. La computadora Analógica
3. El método de Hardy Cross.

El método de tanteos sin control consiste en suponer gastos en los tubos y, luego, comprobar las pérdidas de carga, para comprobar si los gastos supuestos estuvieron correctos. Para redes sencillas, un diseñador experimentado puede lograr buenos resultados con este método.

El método con computadora analógica se basa en el hecho de que la circulación de la corriente eléctrica en un circuito es muy similar a la circulación de agua en tuberías. La resistencia de los elementos especiales en el circuito

eléctrico es análoga a las pérdidas por fricción en los tubos, la circulación de corriente es análoga al flujo de agua y el voltaje es análogo a la presión. Puede simularse un circuito eléctrico que represente una red de tubería y hacer mediciones de corriente y voltaje en diversos puntos para determinar los gastos y presiones.

El método de Hardy Cross, conocido comunmente como método de Cross es un método de tanteos controlados. Este se trata de explicar con mayor amplitud en el siguiente capítulo.

## CAPITULO II

### TEORIA DEL METODO DE CROSS

#### 11.1 Fórmulas y Principios del Método de Cross

Como es poco práctico resolver problemas de redes a través de métodos analíticos, comunmente se utilizan métodos de aproximaciones sucesivas.

De acuerdo con el método de Hardy Cross, se supone que el gasto es a través de cada tubería, de tal manera que satisface la ecuación de continuidad en cada unión; después de lo anterior, se calcula una corrección para el gasto en cada circuito, haciendo que estos queden mejor balanceados.

Las pérdidas menores quedan incluidas como longitudes equivalentes de tubería. Para este fin, se utilizan generalmente nomogramas como el que se muestra en la página siguiente.

Generalmente se utilizan fórmulas exponenciales para las pérdidas de carga, del tipo  $h_f = rQ^n$  donde  $r = \frac{RL}{D^m}$ , siendo

$h_f$  = pérdidas de carga por fricción.

$Q$  = gasto en el tubo

$R$  = coeficiente de resistencia que es función de la rugosidad del tubo.

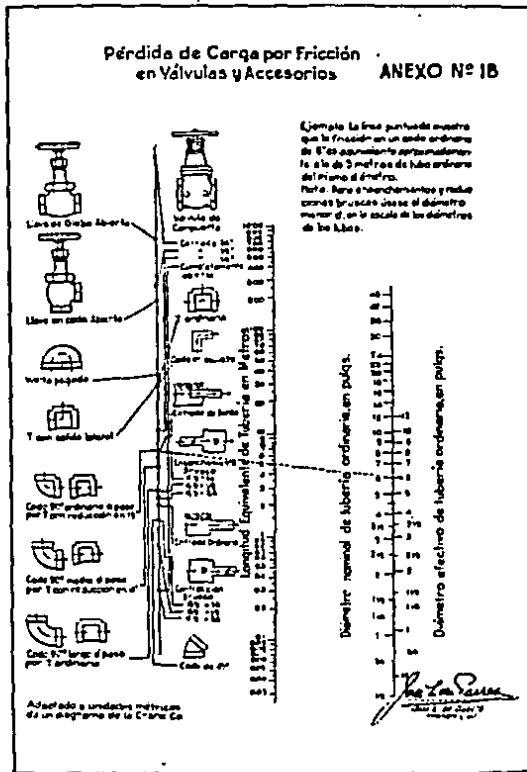
$L$  = longitud del tubo.

$D$  = diámetro interno del tubo.

La fórmula de Hazen-Williams para el flujo de agua a través de tubos a temperaturas ordinarias es de la forma anteriormente descrita, estando  $R$  dado por:

$$R = \frac{4.727}{C^n} \text{ en Unidades Inglesas}$$

Pérdida de Carga por Fricción en Válvulas y Accesorios ANEXO N° 18



\* Nomograma tomado del libro "Hidráulica" del Ing. José Luis de Parrés, Anexo No. 18 Página 142, de la Segunda Edición.

$$R = \frac{10.675}{C^n} \text{ en SI}$$

Donde  $n = 1.852$ ,  $m = 4.8704$  y  $C$  depende de la rugosidad, pudiendose utilizar la siguiente tabla de valores (\*).

<u>Valores de C</u>	<u>Condiciones del Tubo</u>
140	Tubos rectos extremadamente lisos, asbesto cemento
130	Tubos muy lisos; concreto, fierro fundido nuevo
120	Madera cepillada; acero soldado nuevo
110	Arcilla vitrificada; acero remachado nuevo
100	Fierro fundido con varios años de uso
95	Acero remachado con varios años de uso
60 a 80	Tuberías viejas en mala condición

El valor de  $r$  es una constante para cada tubería (a menos que se utilice la ecuación de Darcy Weisback) y se determina previamente al balance de los circuitos (\*\*). El término de corrección se determina como sigue:

Para cualquier tubería en que  $Q_0$  es el gasto supuesto inicialmente,

$$Q = Q_0 + \Delta Q \quad (\text{II.1.1})$$

donde  $Q$  es el gasto correcto y  $\Delta Q$  es el término de corrección.

(\*) Tabla tomada del libro "Mecánica de Fluidos" de Streeter/Wylie Pag. 566, Sexta Edición.

(\*\*) En el programa utilizado aquí se hace uso de la fórmula de Hazen-Williams.

Por tanto, para cada tubería,

$$h_f = rQ^n = r(Q_0 + \Delta Q)^n = r(nQ_0^{n-1} \Delta Q + Q_0^n \dots)$$

Si  $\Delta Q$  es pequeño respecto a  $Q_0$  se pueden despreciar todos los términos en la serie posteriores al segundo. Ahora bien, para un circuito se tiene

$$h_f = \sum r_i Q_i^{n_i} = \sum r_i Q_0^{n_i} Q_i^{n_i-1} + \Delta Q \sum n_i r_i Q_0^{n_i-1} = 0$$

donde  $\Delta Q$  se ha sacado como factor común como si fuera el mismo para todos los tubos en el circuito; los símbolos de valor absoluto se han colocado para tener en cuenta la dirección de la suma alrededor del circuito. La última ecuación se resuelve para  $\Delta Q$  en cada circuito de la red,

$$\Delta Q = - \frac{\sum r_i Q_0^{n_i} Q_i^{n_i-1}}{\sum n_i r_i Q_0^{n_i-1}} \quad (11.1.2)$$

Al aplicar  $\Delta Q$  a cada tubería en un circuito de acuerdo con la ecuación  $Q = Q_0 + \Delta Q$ , es importante tener en cuenta la dirección es decir,  $\Delta Q$  se suma a los gastos de los tubos si se procede en sentido de las manecillas del reloj y se resta en sentido contrario.

## 11.2 Procedimiento Aritmético.

Los pasos del procedimiento aritmético del método de Hardy Cross se pueden enlistar como sigue:

1. Suponer la mejor situación de gastos que satisfaga la ecuación de continuidad, examinando cuidadosamente la red.
2. Calcular tanto la pérdida de carga  $h_f = rQ^n$  en cada tubo (incluyendo como longitudes equivalentes las pérdidas por accesorios), como la pérdida de carga neta alrededor de cada circuito elemental:  $h_f = \sum r_i Q_i^{n_i}$  (esta pérdida neta deberá ser cero para un circuito balanceado).
3. Calcular  $\sum n_i r_i Q_i^{n_i-1}$  para cada circuito.
4. Calcular el gasto correctivo  $\Delta Q$  en cada circuito mediante la ecuación (11.1.2)
5. Calcular los gastos revisados mediante la ecuación



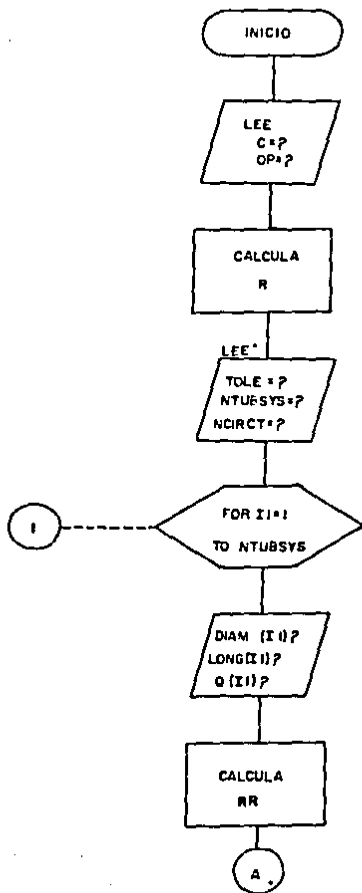
(11.1.1).

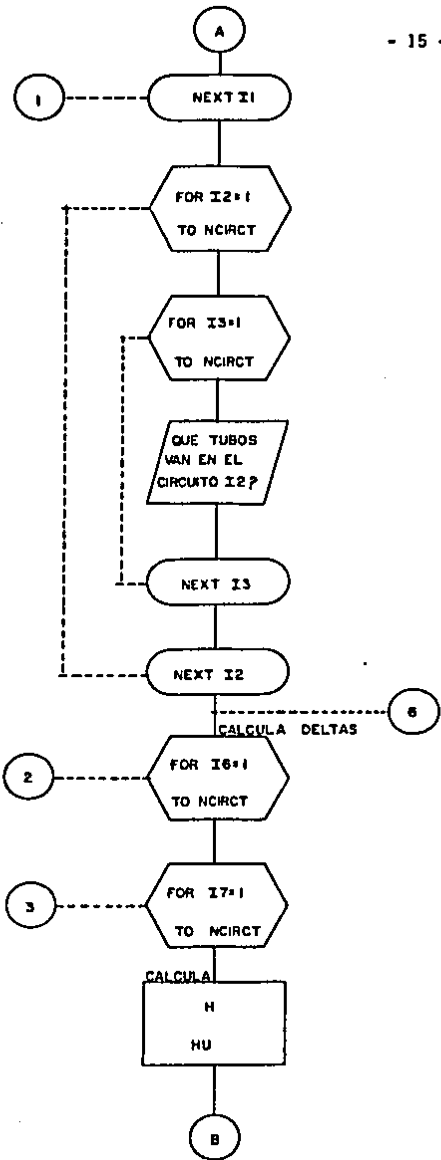
6. Repetir el procedimiento comenzando con los gastos revisados, hasta lograr la precisión deseada.

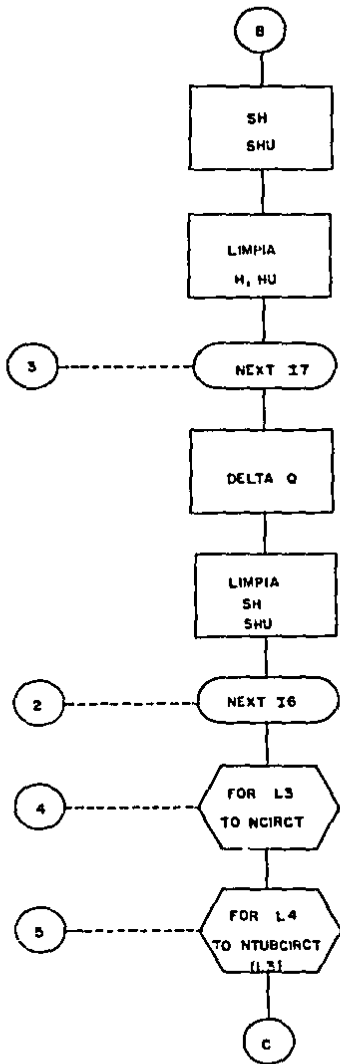
### CAPITULO III

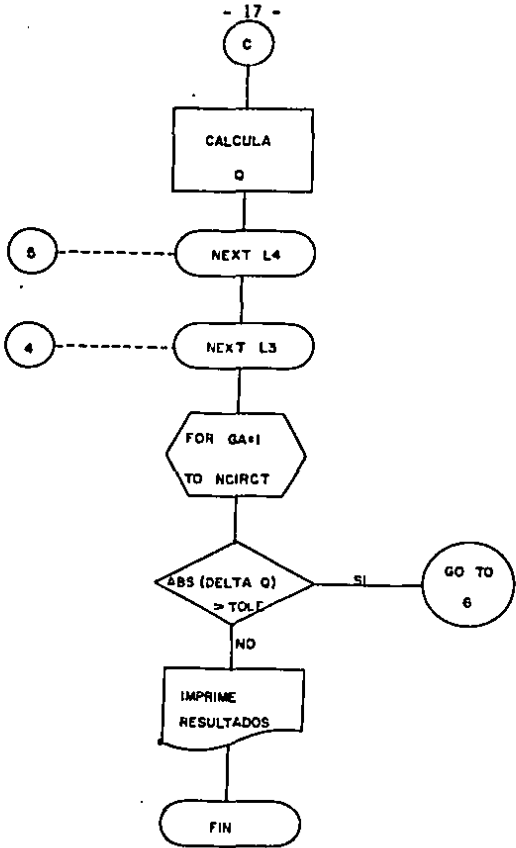
## DIAGRAMA DE FLUJO

### III.1.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA









## CAPITULO IV

### LISTADO DEL PROGRAMA

#### IV.1 Nomenclatura.

La nomenclatura utilizada en el diagrama de flujo y en el listado del programa es la siguiente:

C	=	Constante que depende de la rugosidad.
R	=	Coefficiente de Resistencia que depende de la rugosidad.
OP	=	Opción de unidades Inglesas (1) o SI (2).
TOLE	=	Tolerancia del Valor de AQ.
Q(x)	=	Caudal inicial del tubo x.
LONG(x)	=	Longitud del tubo x.
DIAM(x)	=	Diametro del tubo x.
RR(x)	=	Constante r del tubo x.
DELTAQ(y)	=	Valor de $\Delta Q$ del circuito y.
SH(y)	=	Suma de Pérdidas de carga en el circuito y.
SHU(y)	=	Suma de pérdidas de carga por unidad de gasto en el circuito y.
H(x)	=	Pérdida de carga del tubo x.
HU(x)	=	Pérdida de carga por unidad de gasto del tubo x.

#### IV.2 Manera de Operación del Programa.

El programa opera de la manera siguiente:

- Se forma el circuito que se va a analizar colocando la

distribución de gastos que satisface la continuidad en los nudos. El programa considera positivo el sentido horario en todos los circuitos.

- Al dar los gastos de entrada hay que tener cuidado de poner signo positivo a los gastos horarios y negativo a los antihorarios.
- Si un gasto ya se leyó en un circuito no hay que repetirlo en el circuito siguiente (esto es, cuando 2 circuitos tienen un tubo en común sólo se da el dato del gasto con su signo en uno de ellos).
- El valor de tolerancia se da de acuerdo al criterio del operante. Se recomiendan valores del 1 por ciento respecto del menor de los gastos de inicio.
- En general la máquina pide todos los datos necesarios, tratando de ser lo más clara posible.
- Si se utiliza sistema inglés, hay que dar los gastos en cfs, las longitudes en pies y los diámetros en pulgadas.
- Si se utiliza sistema Internacional de unidades, hay que dar los gastos en metros cúbicos/segundos, las longitudes en metros y los diámetros en centímetros.
- Este programa funciona en máquina computadora PC-IBM, o alguna compatible, y corre bajo el intérprete básica.

IV.3 LISTADO

```
1      COLOR 6
10     CLS
20     REM Se limpian variables
30     CLEAR
40     CLS:LOCATE 10,30:PRINT"Tienes monitor a color"
50     LOCATE 11,30 : PRINT "      (S - N)"
60     MON$=INPUT$(1)
70     IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 4,0,0
80     IF MON$="N" OR MON$="n" THEN 110
90     IF MON$="S" OR MON$="s" THEN 110
100    GOTO 30
110    REM *****
120    REM Pantalla inicial de presentación
130    CLS
140    FOR X=5 TO 20 STEP 15
150        FOR Y=15 TO 65
160            LOCATE X,Y:PRINT CHR$(223)
170        NEXT Y
180    NEXT X
190    FOR Y=15 TO 65 STEP 50
200        FOR X=5 TO 19
210            LOCATE X,Y:PRINT CHR$(219)
220        NEXT X
230    NEXT Y
240    IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 14
250    LOCATE 7,36:PRINT "U. A. G."
260    LOCATE 11,32:PRINT "Ingenieria Civil"
270    LOCATE 13,24:PRINT "Juan Bernardo Manriquez Paniagua"
280    LOCATE 16,20:PRINT "Programa : Calculo de Redes de Tuberias"
290    IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 0,14
300    LOCATE 19,53:PRINT " ";DATE$;" "
310    IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 2,0
320    LOCATE 24,1:PRINT "Presione cualquier tecla para continuar..."
330    R$=INPUT$(1)
```



```
340 REM Segunda pantalla : valores de la constante C.
350 REM *****
360   FLG=0
370   CLS
380   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 2
390   FOR Y=2 TO 23 STEP 21
400     FOR X=13 TO 67
410       LOCATE Y,X : PRINT CHR$(205)
420     NEXT X
430   NEXT Y
440   LOCATE 2,68:PRINT CHR$(187)
450   LOCATE 23,12:PRINT CHR$(200)
460   LOCATE 23,68:PRINT CHR$(188)
470   LOCATE 2,12:PRINT CHR$(201)
480   FOR X=12 TO 68 STEP 56
490     FOR Y=3 TO 22
500       LOCATE Y,X:PRINT CHR$(186)
510     NEXT Y
520   NEXT X
530   LOCATE 5,12:PRINT CHR$(179)
540   LOCATE 5,68:PRINT CHR$(182)
550   FOR K=13 TO 67
560     LOCATE 5,K:PRINT CHR$(196)
570   NEXT K
580   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 4,7
590   LOCATE 4,30:PRINT " ** CODIGOS VALIDOS ** "
600   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 14,0
610   LOCATE 7,15:PRINT "140   Tubos rectos extremadamente lisos; asbesto"
620   LOCATE 8,15:PRINT "   cemento."
630   LOCATE 10,15:PRINT "130   Tubos muy lisos; concreto, fierro fundido"
640   LOCATE 11,15:PRINT "   nuevo."
650   LOCATE 13,15:PRINT "120   Madera cepillada, acero soldado nuevo."
660   LOCATE 15,15:PRINT "110   Arcilla vitrificada, acero remachado nuevo."
670   LOCATE 17,15:PRINT "100   Fierro fundido con varios años de uso."
680   LOCATE 19,15:PRINT " 95   Acero remachado con varios años de uso."
690   LOCATE 21,15:PRINT " 60-80 Tuberias viejas en mala condición."
700   IF FLG=1 THEN 810
710   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 3
720   LOCATE 24,40:INPUT "Valor de la constante C  ",C
```

```
730 REM Se rectifica el valor de C
740   FOR L=100 TO 140 STEP 10
750     IF C=L THEN 880
760     NEXT L
770     IF C=95 THEN 880
780     IF C<=80 AND C>=60 THEN 880
790     FLG=1
800     GOTO 370
810     IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 3
820     LOCATE 24,5:PRINT"El valor del código = ";C;"no está en la tabla."
830     LOCATE 23,55:PRINT"Deseas continuar? (S-N)."
```

```
940 REM Tercer pantalla sistema de unidades
950 REM .....
960 CLS
970 IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 2
980 FOR X=5 TO 20 STEP 15
990 FOR Y=15 TO 65
1000 LOCATE X,Y:PRINT CHR$(205)
1010 NEXT Y
1020 NEXT X
1030 FOR Y=14 TO 66 STEP 52
1040 FOR X=6 TO 19
1050 LOCATE X,Y:PRINT CHR$(186)
1060 NEXT X
1070 NEXT Y
1080 LOCATE 5,66:PRINT CHR$(187)
1090 LOCATE 20,66:PRINT CHR$(188)
1100 LOCATE 5,14:PRINT CHR$(201)
1110 LOCATE 20,14:PRINT CHR$(200)
1120 LOCATE 8,14:PRINT CHR$(199)
1130 LOCATE 8,66:PRINT CHR$(182)
1140 FOR K=15 TO 65
1150 LOCATE 8,K:PRINT CHR$(196)
1160 NEXT K
1170 IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 4,7
1180 LOCATE 7,28:PRINT " ** MENU DE UNIDADES ** "
1190 IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 14,0
1200 LOCATE 12,27:PRINT "1.- Unidades Inglesas."
1210 LOCATE 16,27:PRINT "2.- Unidades SI."
1220 IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 3
1230 REM Se asignan valores a variables y se inician calculos
1240 LOCATE 21,45:INPUT"Opción deseada... ",OP
1250 GOTO 1350
1260 LOCATE 22,45:INPUT"Valor de tolerancia... ",TOLE
1280 LOCATE 23,45:INPUT"Número de total de tubos... ",NTUBSYS
1290 LOCATE 24,45:INPUT"Número de circuitos... ",NCIRCT
1300 LOCATE 20,5:PRINT"Deseas continuar? (S-N) "
1310 ER$=INPUT$(1)
1320 IF ER$="S" OR ER$="s" THEN 1400
1330 IF ER$="N" OR ER$="n" THEN 940
1340 GOTO 1300
1350 IF OP=1 THEN R=(4.727)/(C^1.852)
1360 IF OP=1 THEN 1260
1370 IF OP=2 THEN R=(10.675)/(C^1.852)
1380 IF OP=2 THEN 1260
1390 GOTO 940
1400 IF TOLE=0 THEN TOLE=.0001
```

```
1410 REM Pantallas de datos para cada tubo del sistema
1420 REM *****
1430 DIM Q(NTUBSYS),LONG(NTUBSYS),DIAM(NTUBSYS),RR(NTUBSYS)
1431 IF OP = 1 THEN UD$ = "pulg."
1432 IF OP = 2 THEN UD$ = "cm."
1433 IF OP = 1 THEN UL$ = "pies"
1434 IF OP = 2 THEN UL$ = "mts."
1435 IF OP = 1 THEN UG$ = "pie^3/seg"
1436 IF OP = 2 THEN UG$ = "mts^3/s=eg"
1440 FOR I1=1 TO NTUBSYS
1450   CLS
1460   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 2
1470   FOR X=5 TO 20 STEP 15
1480     FOR Y=15 TO 65
1490       LOCATE X,Y:PRINT CHR$(205)
1500     NEXT Y
1510   NEXT X
1520   FOR Y=14 TO 66 STEP 52
1530     FOR X=6 TO 19
1540       LOCATE X,Y:PRINT CHR$(186)
1550     NEXT X
1560   NEXT Y
1570   LOCATE 5,66:PRINT CHR$(187)
1580   LOCATE 20,66:PRINT CHR$(188)
1590   LOCATE 5,14:PRINT CHR$(201)
1600   LOCATE 20,14:PRINT CHR$(200)
1610   LOCATE 8,14:PRINT CHR$(199)
1620   LOCATE 8,66:PRINT CHR$(182)
1630   FOR K=15 TO 65
1640     LOCATE 8,K:PRINT CHR$(196)
1650   NEXT K
1660   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 4,7
1670   LOCATE 7,27:PRINT " ** DATOS DEL TUBO";I1;"** "
1680   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN LOC 14,0
1689   LOCATE 10,25:PRINT "1.- Diametro (";UD$;")... "
1690   LOCATE 10,56:INPUT DIAM(I1)
1699   LOCATE 12,25:PRINT "2.- Longitud (";UL$;")... "
1700   LOCATE 12,56:INPUT LONG(I1)
1709   LOCATE 14,25:PRINT "3.- Caudal (";UG$;")... "
1710   LOCATE 14,56:INPUT Q(I1)
1720   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 3
1730   LOCATE 17,40:PRINT "Deseas continuar? (S-N) "
1740   AN$=INPUT$(1)
1750   IF AN$="S" OR AN$="s" THEN 1790
1760   IF AN$="N" OR AN$="n" THEN 1450
1770   GOTO 1730
1780 REM Se calcula la constante para cada tuberia
1790 IF OP = 1 THEN DIAM(I1) = DIAM(I1)/12
1791 IF OP = 2 THEN DIAM(I1) = DIAM(I1)/100
1792 RR(I1)=(R*LONG(I1))/(DIAM(I1)^4.8704)
1800 NEXT I1
1810 REM Pantallas de datos para cada circuito del sistema
```

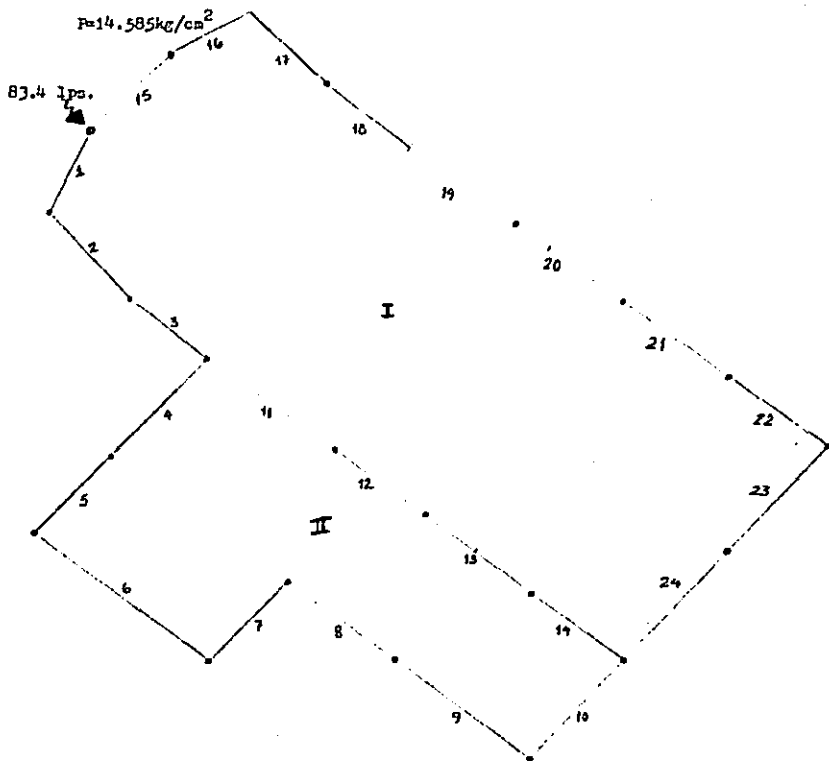
```
1810 REM Pantallas de datos para cada circuito del sistema
1820 REM *****
1830 BAN=0:DIM NTUBCIRC(NCIRCT)
1840 FOR I2=1 TO NCIRCT
1850   CLS
1860   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 2
1870   FOR X=5 TO 20 STEP 15
1880     FOR Y=15 TO 65
1890       LOCATE X,Y:PRINT CHR$(205)
1900     NEXT Y
1910   NEXT X
1920   FOR Y=14 TO 66 STEP 52
1930     FOR X=6 TO 19
1940       LOCATE X,Y:PRINT CHR$(186)
1950     NEXT X
1960   NEXT Y
1970   LOCATE 5,66:PRINT CHR$(187)
1980   LOCATE 20,66:PRINT CHR$(188)
1990   LOCATE 5,14:PRINT CHR$(201)
2000   LOCATE 20,14:PRINT CHR$(200)
2010   LOCATE 8,14:PRINT CHR$(199)
2020   LOCATE 6,66:PRINT CHR$(182)
2030   FOR K=15 TO 65
2040     LOCATE 8,K:PRINT CHR$(196)
2050   NEXT K
2060   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 4,7
2070   LOCATE 7,27:PRINT " ** DATOS DEL CIRCUITO";I2;"** "
2080   IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 14,0
2090   LOCATE 10,20:INPUT"- Número de tubos en el circuito...";NTUBCIRC(I2)
2100   LOCATE 12,20:PRINT "- Valor numérico de cada tubo : "
2110   IF BAN=0 THEN DIM MATRIZA(NCIRCT,100)
2120   FOR I3=1 TO NTUBCIRC(I2)
2130     LOCATE 14,20:INPUT "          Tubo";NT
2140     IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 3
2150     LOCATE 17,40:PRINT "Deseas continuar? (S-N) "
2160     ANS=INPUT$(1)
2170     IF MON$="S" OR MON$="s" THEN COLOR 14
2180     IF ANS="S" OR ANS="s" THEN LOCATE 17,40
2190     IF ANS="S" OR ANS="s" THEN PRINT " "
2200     IF ANS="S" OR ANS="s" THEN LOCATE 14,60
2210     IF ANS="S" OR ANS="s" THEN PRINT " "
2220     IF ANS="S" OR ANS="s" THEN 2310
2230     IF ANS="N" OR ANS="n" THEN LOCATE 17,40
2240     IF ANS="N" OR ANS="n" THEN PRINT " "
2250     IF ANS="N" OR ANS="n" THEN LOCATE 14,25
2260     IF ANS="N" OR ANS="n" THEN INPUT " Nuevo número del tubo ";NT
2270     IF ANS="N" OR ANS="n" THEN LOCATE 14,25
2280     IF ANS="N" OR ANS="n" THEN PRINT " "
2290     IF ANS="N" OR ANS="n" THEN 2310
2300     GOTO 2150
2310     MATRIZA(I2,I3) = NT
2320   NEXT I3
2330   BAN=1
2340 NEXT I2
```

```
2345 CLS
2346 LOCATE 15,15 :PRINT " FAVOR DE ESPERAR,  CALCULOS EN PROCESO..."
2350 REM Se inician cálculos de deltas
2360 REM *****
2380 DIM DELTAQ(NCIRCT),SH(NCIRCT),SHU(NCIRCT),SIGNO(NCIRCT,100)
2385 DIM H(NTUBSYS),HU(NTUBSYS),CON(NTUBSYS)
2400 REM PONE SIGNO A LOS CAUDALES SEGUN EL CIRCUITO (1 POSITIVO. 2 NEGATIVO)
2410 REM
2420 FOR L1 = 1 TO NCIRCT
2430 FOR L2 = 1 TO NTUBCIRC(L1)
2440 NT = MATRIZA(L1,L2)
2450 CON(NT) = CON(NT) + 1
2460 IF CON(NT) = 1 THEN SIGNO(L1,L2) = 1
2470 IF CON(NT) > 1 THEN SIGNO(L1,L2) = 2
2480 NEXT L2
2490 NEXT L1
2500 REM CALCULA DELTAS
2502 REM *****
2504 FOR I6=1 TO NCIRCT
2506 FOR I7=1 TO NTUBCIRC(I6)
2508 NT = MATRIZA(I6,I7)
2510 H(NT) = RR(NT)*Q(NT)*(ABS(Q(NT)))-.852
2512 HU(NT) = RR(NT)*1.852*(ABS(Q(NT)))-.852
2514 IF SIGNO(I6,I7) = 1 THEN SH(I6) = SH(I6) + H(NT)
2516 IF SIGNO(I6,I7) = 2 THEN SH(I6) = SH(I6) - H(NT)
2517 H(NT) = 0
2518 SHU(I6) = SHU(I6) + HU(NT)
2519 HU(NT) = 0
2520 NEXT I7
2522 DELTAQ(I6) = (-1)*SH(I6)/SHU(I6)
2523 SHU(I6) = 0
2524 SH(I6) = 0
2526 NEXT I6
2528 REM AJUSTA LOS CAUDALES
2529 REM
2530 FOR L3 = 1 TO NCIRCT
2540 FOR L4 = 1 TO NTUBCIRC(L3)
2550 NT = MATRIZA(L3,L4)
2560 IF SIGNO(L3,L4) = 1 THEN Q(NT) = Q(NT) + DELTAQ(L3)
2570 IF SIGNO(L3,L4) = 2 THEN Q(NT) = Q(NT) - DELTAQ(L3)
2580 NEXT L4
2590 NEXT L3
2591 FOR GA=1 TO NCIRCT
2592 IF ABS(DELTAQ(GA))>TOLE THEN 2500
2600 NEXT GA
```

```
2800 REM *****
2810 REM ***** IMPRESION DE RESULTADOS *****
2820 REM *****
2830      WCONT = 0
2840      GOSUB 9505
2910      FOR II =1 TO NTUBSYS
2916          WCONT = WCONT + 1
2917          IF WCONT = 11 THEN      GOSUB 9500
2918          IF WCONT = 11 THEN      WCONT = 1
2920          WLINEA = WCONT + 10
2930          LOCATE WLINEA,11: PRINT II
2935          IF OP =1 THEN DIAM(II) = DIAM(II) * 12
2936          IF OP =2 THEN DIAM(II) = DIAM(II) * 100
2940          LOCATE WLINEA,26: PRINT DIAM(II)
2950          LOCATE WLINEA,40: PRINT LONG(II)
2960          LOCATE WLINEA,55: PRINT O(II)
2970      NEXT II
3000      END
9500 REM Subrutina para impresion de encabezado
9501 REM *****
9502 LOCATE 24,1:PRINT"Presione cualquier tecla para ver los siguientes datos..."
"
9503 X$ = INPUT$(1)
9505 CLS
9510 LOCATE 2,15:PRINT"*****"
9520 LOCATE 3,15:PRINT"***** DISTRIBUCION CALCULADA DE GASTOS *****"
9530 LOCATE 4,15:PRINT"*****"
9540 LOCATE 7,11: PRINT"TUBO"
9550 LOCATE 8,11: PRINT"----"
9560 LOCATE 7,26: PRINT"DIAMETRO"
9570 LOCATE 8,26: PRINT"-----"
9575 LOCATE 9,26: PRINT"{";UD$;"}"
9580 LOCATE 7,40: PRINT"LONGITUD"
9585 LOCATE 9,40: PRINT"{";UL$;"}"
9590 LOCATE 8,40: PRINT"-----"
9600 LOCATE 7,55: PRINT"CAUDAL CALCULADO"
9610 LOCATE 8,55: PRINT"-----"
9615 LOCATE 9,55: PRINT"{";UG$;"}"
9620 RETURN
```

Aplicaciones.

Ejemplo.- Analice la red de tuberías de la Figura por el método de Hardy Cross.





ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Datos de Entrada del Programa:

TUBO	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (m)	CAUDAL INICIAL ( $m^3/sec$ )
1	20	54.0	-0.04500
2	20	86.0	-0.04299
3	15	104.3	-0.03979
4	15	62.8	-0.02350
5	15	64.5	-0.02117
6	15	165.4	-0.01377
7	10	47.3	-0.01265
8	10	105.0	-0.01085
9	10	135.4	-0.00675
10	10	64.6	-0.00006
11	10	130.7	-0.01242
12	10	101.8	-0.00756
13	10	91.0	-0.00378
14	10	93.4	-0.00040
15	15	59.6	0.03344
16	15	59.2	0.03122
17	15	74.0	0.02922
18	15	86.0	0.02647
19	15	83.7	0.02327
20	10	40.6	0.02016
21	10	89.0	0.01679
22	10	90.0	0.01348
23	10	64.9	0.01013
24	10	62.7	0.00772

DATO	VALOR
1.- C	120
2.- TOLERANCIA	0.001
3.- NO. DE CIRC.	2
4.- NO. DE TUBOS	24
5.- NO. DE TUBOS CIRCUITO I	17
6.- NO. DE TUBOS CIRCUITO II	11

-TUBOS EN CIRCUITO I: 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24.

-TUBOS EN CIRCUITO II: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14.

## RESULTADOS COTENIDOS

TUBO	DIAMETRO (cm)	LONGITUD (m)	CAUDAL CALCULADO (m <sup>3</sup> /seg)	PERDIDA (m)	COTA PIEZOMETRICA (m)
1	20	54.0	-0.04768	0.72	145.13
2	20	86.0	-0.04567	1.06	144.7
3	15	104.3	-0.04247	4.54	139.53
4	15	62.8	-0.02318	0.94	138.59
5	15	64.5	-0.02085	0.79	137.80
6	15	165.4	-0.01045	1.62	136.18
7	10	47.3	-0.01230	1.60	134.58
8	10	105.0	-0.01053	2.68	131.90
9	10	185.4	-0.00663	2.03	129.82
10	10	64.6	0.00026	0.00	129.82
11	10	130.7	-0.01541	5.73	133.75
12	10	101.8	-0.01055	2.72	131.63
13	10	91.0	-0.00677	0.76	130.87
14	10	93.4	-0.00339	0.16	130.71
15	15	59.6	0.03444	1.52	143.61
16	15	59.2	0.02854	1.31	142.30
17	15	74.0	0.02654	1.44	140.86
18	15	86.0	0.02379	1.37	139.49
19	15	83.7	0.02059	1.03	138.46
20	10	40.6	0.01748	2.68	135.78
21	10	39.0	0.01411	4.10	131.77
22	10	90.0	0.01080	2.52	129.25
23	10	64.9	0.00745	0.09	129.16
24	10	62.7	0.00504	0.04	129.12

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

#### VI.1 Conclusiones del Presente Trabajo.

La solución numérica en una computadora digital dentro de la ingeniería, se ha manifestado como una herramienta muy eficiente en la era moderna.

Es evidente que una gran parte del desarrollo de nuestro medio se debe en buena parte al avance tecnológico dentro del cual han contribuido las computadoras; su uso ha creado un mejor aprovechamiento tanto en recursos humanos como materiales para aumentar su eficiencia y puede así emprender logros que antes parecían imposibles por su magnitud y dificultad de planeación y control.

Hoy en día representa una enorme ventaja que cualquier centro de estudios o de investigaciones, industria o negocio cuente con los servicios de una computadora para su aprovechamiento.

El presente trabajo trata de mostrar como un cálculo que en un momento dado su torna engorroso, impreciso y tardado por tratarse de un trabajo largo y repetido, se transforma en una solución sencilla, precisa y muy ágil para el ingeniero de la actualidad.

Por otra parte, si bien es cierto la inminente conveniencia del uso de la computadora también es muy cierto el hecho de que la computadora es sólo una herramienta muy útil y quien quiera ayudarse de ella deberá conocer lo que quiere hacer con ésta.

En cuanto al método de Cross, diremos que su facilidad de programación y la obtención de resultados útiles mediante su uso lo convierte en un eficiente utensilio del ingeniero.

Diferentes pruebas del presente programa muestran que los valores corregidos con una aproximación dentro del 1 por ciento, son más precisos que el cálculo de pérdidas de carga mediante fórmulas exponenciales.

Este programa trata de ser lo más claro posible, teniendo el que escribe la finalidad de que pueda ser de utilidad.

BIBLIOGRAFIA.

- Elementos de Mecánica de Fluidos.  
Vennard y Streub.  
Editorial Continental, S.A. México  
1979  
Pags. 480 - 514
  
- Mecánica de los Fluidos.  
Streete/Wylie  
McGraw Hill  
1985  
Pags. 565 - 610
  
- Hidráulica  
Ing. José Luis de Parrés  
Editorial CECSA  
1964  
Pags. 141 - 142
  
- Hidráulica  
Samuel Trueba Coronel  
Editorial CECSA  
1964  
Pags. 129 - 132
  
- Manual del Ingeniero Civil.  
Federick S. Merritt  
McGraw Hill  
1984  
Pags. 21.108 - 21.115
  
- Apuntes de la Clase de Hidráulica I y II  
Ing. Sebastián Becerra López  
1986.