

37
rej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**PAQUETE DIDACTICO PARA EL CURSO DE
FLUJO DE FLUIDOS EN EL AREA DE
SISTEMAS DE BOMBEO**



EN LA FACULTAD DE QUIMICA
FAC. DE QUIMICA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
COSME DAMIAN GAYTAN ARREDONDO

MEXICO, D. F.

1991

FALLA DE CRIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A Dios:
Por permitirme, con su ayuda y compañía
terminar una etapa mas de mi vida.

A mis queridos Padres Amada y Damián:
Por el esfuerzo y amor que me han
dedicado durante toda la vida.

A mis Hermanas Amada, Patricia y Adriana:
Por la compañía y apoyo.

A la memoria de mi Abuelita, Sra. Carlota Bernal:
Por ese ejemplo de amor sin límites.

A Veronica Quevedo:
Por todo su Amor y comprensión.

Al Ing. Jose Antonio Ortiz:
Maestro y Amigo.

A mis Tios Rafael y Jose L.:
Por su gran apoyo en todas las
etapas de mis estudios,
siempre sonriendo.

A todos los Maestros que han
contribuido en mi formación,
en especial a los Profesores:
Rosario Silva
Guillermo Calderón
Caritino Moreno
Manuel Vazquez I.

INTRODUCCION

1.0	GENERALIDADES DE FLUJO DE FLUIDOS	
1.1	Propiedades físicas	1-1
1.2	Comportamiento del fluido en tuberías	1-2
1.3	Velocidad media	1-4
1.4	Número de Reynolds	1-4
1.5	Teorema de Bernoulli	1-5
1.6	Ecuación general para flujo de fluidos	1-7
1.7	Factor de fricción	1-8
1.8	Tipos de válvulas y accesorios utilizados en sistemas de tuberías	1-11
1.9	Caída de presión debida a accesorios	1-12
1.10	Relación L/D	1-12
2.0	SISTEMAS DE BOMBEO	
2.1	Clasificación de las bombas	2-1
2.2	Trabajo y eficiencia de las bombas	2-1
2.3	Acción de las bombas centrifugas	2-3
2.4	Características de bombas centrifugas	2-4
2.5	El sistema de bombeo	2-6
2.6	Bombas en serie	2-8
2.7	Bombas en paralelo	2-9
2.8	Curvas del sistema	2-11
2.9	Variantes en sistemas de bombeo	2-13
3.0	DESCRIPCION DEL PROGRAMA	
3.1	Características del programa	3-1
3.2	Estructuración del programa	3-2
3.3	Cálculo del factor de fricción	3-9
3.4	Generación de las ecuaciones de las bombas	3-13
3.5	Obtención de la curva del sistema de bombeo	3-15
3.6	Caída de presión de intercambiador de calor	3-18
3.7.0	Inicio de cálculos	3-21
3.7.1	Cálculos sin bombas	3-25
3.7.2	Cálculos con bombas	3-28
3.8	Sistemas con una bomba	3-29
3.9	Sistemas con dos bombas en serie	3-30
3.10	Sistemas con bombas en paralelo	3-30
3.11	Impresión de resultados	3-32

4.0	APLICACIONES	
4.1	Aplicaciones del programa	4-1
4.2	Como cargar el programa	4-3
4.3.0	Como iniciar los cálculos	4-3
4.3.1	Elegir sistema	4-5
4.3.2	Elegir tubería	4-7
4.3.3	Elegir accesorios	4-8
4.3.4	Longitud de tubería	4-9
4.3.5	Altura y presión de los tanques	4-9
4.3.6	Propiedades del fluido	4-10
4.3.7	Datos de bombeo	4-12
4.3.8	Datos del intercambiador de calor	4-14
4.3.9	Tipo de cálculo para el factor de fricción	4-15
4.3.10	Realizar cálculos	4-15
4.3.11	Imprimir resultados	4-17
4.3.12	Salir al sistema	4-18
4.4	Algunos mensajes adicionales	4-19
4.5	Ejemplos complementarios	4-22

5.0 CONCLUSIONES

APENDICES

I	Datos de número de Reynolds, diámetros y factor de fricción utilizados para el calculo gráfico del factor de fricción	A-1
II	Diámetros disponibles y sus funciones	A-2
III	Listado parcial del programa	A-9

BIBLIOGRAFIA



INTRODUCCION

Durante el estudio de Flujo de Fluidos, en el nuevo plan de la carrera de Ingeniería Química, antes Ingeniería Química III, la principal dificultad que se presenta, para entender la resolución de problemas referentes al tema de sistemas de bombeo y flujo de fluidos a través de tuberías, válvulas y accesorios, es el realizar cálculos repetitivos, durante varias horas, para poder ver cual era el resultado de modificar ciertas variables del sistema. Muchas veces, el realizar tantos cálculos, provoca el alejamiento del problema en sí y básicamente, demasiada profundización en los cálculos principalmente y al final, el resultado en el papel, no tiene el sentido deseado. Y no solo eso, sino que también, al modificar nuevamente el sistema, debieron haber pasado algunas horas más de cálculos, para ver el resultado de esas modificaciones.

El trabajo aquí presentado, intenta ser un auxiliar en la comprensión de estos temas, dejando a un lado varias horas de cálculos y algunas hojas en la basura. Esto se logra, mediante la presentación de un programa de cómputo, que realice estas operaciones y de al usuario, varias opciones de cálculo, resultados numéricos y gráficos, que le ayuden a comprender que sucede en su sistema, si cambia, quita o pone accesorios y equipo en el mismo y a generar un buen criterio, acerca del comportamiento de estos sistemas.

La idea principal es, que el alumno reciba en clase, la teoría de estos dos temas; que se le enseñe a buscar, los datos requeridos para el cálculo y que practique con ellos en el papel, para familiarizarse con éstos. Una vez que esta parte ha sido cumplida, se le entregaría al alumno, una copia del programa, para que este pueda "jugar" con su sistema. Otra opción sería, el presentar ejemplos en clase, auxiliandose de un DATA-SHOW o VIDEO-BEAM para proyectar la imagen al grupo.

Del programa realizado, se puede decir que es:

- Amigable:

Está diseñado de tal forma, que no se necesitan conocimientos previos de computación, para poderlo utilizar; cuenta con ventanas de diálogo, que indican posibles fuentes de error y el camino para su solución. Además de que su manejo es fácil, reduciendo el número de teclas utilizables, para evitar errores.

- Accesible en "Hardware":

Cuenta con una rutina inicial de instalación, la cual permite que el programa pueda ser utilizado en monitores TTL, que son los más comunes en el mercado. Si se cuenta con monitor de color o monocromático, con tarjeta de video CGA, también puede ser utilizado el programa. La memoria básica de uso debe ser de 512 Kb, la cual es actualmente, la memoria con la que cuenta casi cualquier computador personal.

- Económico:

El programa consta de dos discos de 5 1/4 o un disco de 3 1/2 pulgadas, los cuales tendrían un costo aproximado de 4,000 pesos los dos discos grandes o 6,000 pesos, el disco pequeño, lo cual lo hace muy accesible.

Se presentan a lo largo de este trabajo escrito, las bases teóricas necesarias para realizar los cálculos y, además, la forma en que se realizó el programa. También se presentan ejemplos que pueden orientar su uso y, por que nó, encontrarle adicionalmente, alguno que en este momento no se haya visualizado.

En el apéndice III, se encuentra un listado parcial del programa, pero si por algún motivo, se desea modificar el programa principal o se desea ver el listado completo, junto

con este trabajo, se entrega al Departamento de Ingeniería Química, el programa sin compilar y el paquete original, en el cual fue desarrollado el mismo. Esto con la finalidad de que el alumno cuente con programas originales para trabajar y para que con un programa ya existente, pueda ver ejemplos y con ellos, realizar nuevos trabajos, para el uso dentro de la comunidad de la Facultad.

1.0 GENERALIDADES DE FLUJO DE FLUIDOS

1.1 PROPIEDADES FISICAS

La resolución de un problema de flujo de fluidos, esta directamente relacionado, con el conocimiento de las propiedades físicas del fluido a manejar. Las propiedades más importantes a conocer, son la viscosidad y la densidad del fluido. Datos de estas dos propiedades, para una gran cantidad de fluidos, se presentan en numerosos libros, entre los cuales se encuentran, el Manual del Ingeniero Químico (2), Flujo de Fluidos a Través de Válvulas, Accesorios y Tuberías (CRANE) (1) y otros más.

VISCOSIDAD.- La viscosidad, expresa la resistencia de un fluido a la deformación, cuando es aplicada una fuerza cortante sobre él. Es común encontrarse con la viscosidad de un fluido, comparada con la viscosidad del agua, principalmente para gases o fluidos altamente viscosos. La viscosidad cinemática, es la relación entre la viscosidad absoluta y la densidad del fluido.

DENSIDAD.- La densidad, expresa la cantidad de masa de fluido, por unidad de volumen y fácilmente se puede determinar, empleando el principio de Arquímedes, el cual nos dice, que todo cuerpo sumergido total o parcialmente en un

líquido, sufre un empuje vertical hacia arriba, igual al peso del líquido desplazado.

1.2 COMPORTAMIENTO DEL FLUIDO EN TUBERIAS

Al circular dentro de la tubería, el fluido puede presentar tres comportamientos diferentes, dependiendo de su velocidad.

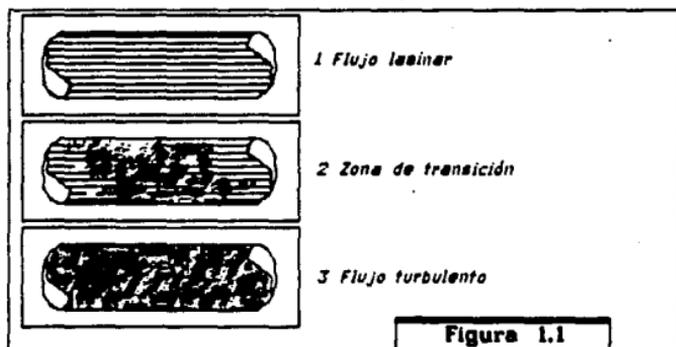
Mediante un experimento, consistente en entintar un fluido transparente y hacerlo fluir a través de un tubo de vidrio, se logró subdividir el comportamiento de un fluido, al variar la velocidad del mismo.

A bajas velocidades, el flujo del fluido se presenta como láminas dentro del tubo, por lo que es conocido como flujo laminar (figura 1.1.1), el cual se caracteriza por variaciones radiales de la velocidad, del centro hacia afuera del tubo, alcanzando el máximo de velocidad, al centro del tubo y acercándose a cero, en las paredes del mismo.

Al ir aumentando la velocidad, esto es, aumentando el gasto, se presenta un límite, en el cual se rompe poco a poco

el comportamiento de láminas. Este límite, se conoce como velocidad crítica y el rango en el que cambia completamente sus características de flujo laminar, se conoce como zona de transición (figura 1.1.2)

Al aumentar más la velocidad, se alcanza un régimen en el cual todo el flujo es turbulento. Se conoce como flujo tapón o flujo turbulento aquel en el que la distribución de velocidad, es uniforme a través del diámetro del tubo (figura 1.1.3)



1.3 VELOCIDAD MEDIA

El término de velocidad, se refiere a la velocidad media o promedio del fluido, a una sección transversal dada y es determinada mediante la ecuación:

$$v = q/A$$

v = velocidad [pies/segundo]

q = flujo volumétrico [pies³/segundo]

A = Área [pies²]

1.4 NUMERO DE REYNOLDS

Osborn Reynolds demostró, que el comportamiento laminar o turbulento del flujo, esta en función del diámetro del tubo utilizado, la densidad y viscosidad del fluido y de la velocidad.

La relación numérica adimensional, de la combinación de estas variables, se conoce como Número de Reynolds.

$Re = D_i \cdot v \cdot d / V = \text{Fuerzas inerciales} / \text{Fuerzas viscosas}$

D_i = diámetro interno del tubo

v = velocidad

d = densidad

V = viscosidad

Se considera que un flujo es laminar si el Número de Reynolds, es menor a 2,000, y turbulento, si éste es mayor a 4,000. Entre estos dos valores, prevalece la zona de transición, donde el flujo comienza a comportarse como turbulento y deja de ser laminar.

1.5 TEOREMA DE BERNOULLI

El teorema de Bernoulli, es una manera de expresar la aplicación de la ley de la conservación de la energía, a el flujo de fluidos en conductos. La energía total de cualquier punto, arriba de un plano horizontal arbitrario, es igual a la suma de la elevación (Z), la presión (P) y la altura de la velocidad ($v^2/2g$), que es la energía cinética expresada en dimensiones de longitud:

$$H = Z + 144 * P / d + v^2/2g$$

H = altura de la columna [pies]

d = densidad [lb/pie³]

z = altura [pies]

v = velocidad [pies/seg]

g = constante gravitacional [pies/segundo²]

Si las pérdidas por fricción son despreciadas y el sistema no cede o gana energía del medio, el valor de columna (H), es constante para cualquier punto del fluido, sin embargo, las pérdidas o ganancias de energía, deben ser consideradas para obtener resultados reales.

Tomando en consideración dos puntos de referencia y las pérdidas por fricción entre éstos, el balance se puede expresar como:

$$H_2 - H_1 = (Z_2 - Z_1) + (P_2 - P_1) * 144 / (d_2 - d_1) + (v_2^2 - v_1^2) / 2g + h_l$$

H = altura de la columna [pies]

d = densidad [lb/pie³]

z = altura [pies]

v = velocidad [pies/seg]

g = constante gravitacional [pies/segundo²]

donde h_l , representa las pérdidas por fricción en pies de fluido. Prácticamente, todas las ecuaciones de flujo de fluidos, son derivadas del teorema de Bernoulli, con algunas modificaciones, en cuanto a las pérdidas por fricción.

1.6 ECUACION GENERAL PARA FLUJO DE FLUIDOS

El flujo en tuberías, es acompañado por la fricción entre las partículas del fluido y las paredes del tubo; consecuentemente, existen pérdidas de energía, esto es, pérdidas de presión en la dirección del flujo.

La ecuación general para pérdidas de presión, conocida como la fórmula de Darcy, expresada en pies de fluido es:

$$h_l = f \cdot L \cdot v^2 / D_i \cdot 2 \cdot g$$

f = factor de fricción [adimensional]

L = longitud (pies)

v = velocidad (pies/seg)

D_i = diámetro interno (pies)

g = constante gravitacional (pies/segundo²)

1.7 FACTOR DE FRICCIÓN

La fórmula de Darcy, puede ser derivada mediante un análisis dimensional, con excepción del factor de fricción, el cual debe ser determinado experimentalmente. El factor de fricción para condiciones de flujo laminar, esto es, a Número de Reynolds menor a 2,000, es función únicamente del Número de Reynolds, y para valores de Número de Reynolds superiores a 4,000, es decir, para flujo turbulento, es función además, del tipo de tubería utilizada.

La región conocida como zona de transición, como se vio anteriormente, existe entre valores de Número de Reynolds, entre 2,000 y 4,000. En esta región, el flujo puede ser tanto laminar, como turbulento, dependiendo de factores, como cambios de secciones o dirección del flujo, obstrucciones, como válvulas y otros factores más. El factor de fricción en esta zona queda indeterminado, teniendo un comportamiento más cercano al turbulento que al laminar.

Por esta razón, es recomendable para el Ingeniero, conocer las características del fluido, de tal manera que se pueda determinar completamente, el comportamiento de su sistema.

Si el flujo es laminar, el factor de fricción puede ser determinado a partir de la ecuación:

$$f = 64/N_{REY}$$

Cuando el flujo es turbulento, el factor de fricción no solo depende del Número de Reynolds, sino también, de la rugosidad de las paredes del tubo, comparado con el diámetro del mismo.

Bazados en experimentación y la fórmula de Darcy, la firma de ingeniería CRANE CO. (1), presenta las gráficas A-23 y A-24, en las cuales se representa el factor de fricción, en función del Número de Reynolds y la rugosidad relativa, o en función del Número de Reynolds y el diámetro del tubo de acero comercial.

Existen también otras ecuaciones empíricas, que tratan de representar el factor de fricción, en función del Número de Reynolds, como las siguientes:

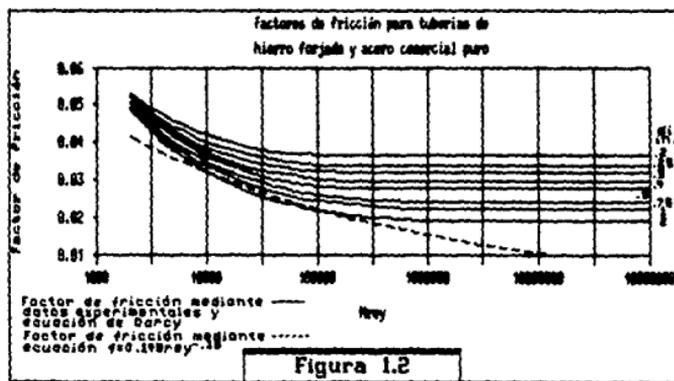
$$f = 0.14 (N_{REY}^{-0.16}) \quad (8)$$

$$f = 0.00140 + 0.125/(N_{REY}^{0.22}) \quad (10)$$

$$f = 0.0035 + 0.264/(N_{REY}^{0.42}) \quad (10)$$

La primera ecuación se puede aplicar para los cálculos, con la aclaración, de que para valores grandes de Número de Reynolds, la aproximación del factor de fricción, tiende a seguir el comportamiento de los valores, obtenidos para tubería de diámetro grande, por lo que en esos casos, esta aproximación no es muy confiable. Las otras dos ecuaciones, tienden al mismo comportamiento, por lo que se debe considerar esto, en su utilización.

La figura 1.2, presenta la comparación de las curvas, obtenidas mediante la ecuación de Darcy (líneas continuas), y la curva, obtenida mediante la ecuación $f = 0.14 (N_{Re})^{-0.16}$ (línea punteada). Esta ecuación, se presenta en el libro Optimum Pipe Size Selection, en la página 36, y se ha seleccionado para este programa, debido a que en el texto del libro mencionado, se desarrollan problemas con esta ecuación, mencionándose, que es una buena aproximación, para cálculos primarios.



1.8 TIPOS DE VALVULAS Y ACCESORIOS UTILIZADOS EN SISTEMAS DE TUBERIAS

VALVULAS: No obstante la existencia de una gran variedad de válvulas en el mercado, se puede considerar que todas éstas, son una variante de dos tipos principales:

- 1.- Válvulas tipo compuerta
- 2.- Válvulas tipo globo

Ahora bien, las válvulas de compuerta, presentan menos resistencia que las de tipo globo. Dentro de cada uno de estos tipos, por ejemplo, en las válvulas de compuerta, se pueden encontrar variantes, debido a la regularización del flujo, es decir, a la apertura o cierre de las válvulas.

ACCESORIOS: Los accesorios, se pueden clasificar como ramificadores, expansores o deflectores. Tales accesorios pueden ser uniones, tees y cruces, cayendo dentro de la clasificación de accesorios de ramificación.

Los accesorios reductores o expansores, son aquellos que proveen un cambio de área de flujo. En esta clasificación

entran los reductores, válvulas y expansiones. Y por último, los deflectores, que son codos, desviaciones y terminales.

1.9 CAIDA DE PRESION DEBIDA A ACCESORIOS

Mientras el fluido es transportado en una tubería de diámetro constante, el comportamiento de éste, asume una forma característica. Cualquier impedimento en la tubería, que altere este comportamiento de flujo, crea turbulencia, ocasionando con ello, una pérdida de energía, mucho mayor a la obtenida, si no existiera ese impedimento. Debido a que las válvulas y accesorios, provocan esos disturbios en el patrón de flujo, son causantes de pérdidas energéticas adicionales.

1.10 RELACION L/D

La relación L/D , es el cociente de la longitud equivalente de tubería recta, entre el diámetro de ésta, que causaría la misma caída de presión, que la válvula o accesorio, a las mismas condiciones de flujo.

2.0 SISTEMAS DE BOMBEO

2.1 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS

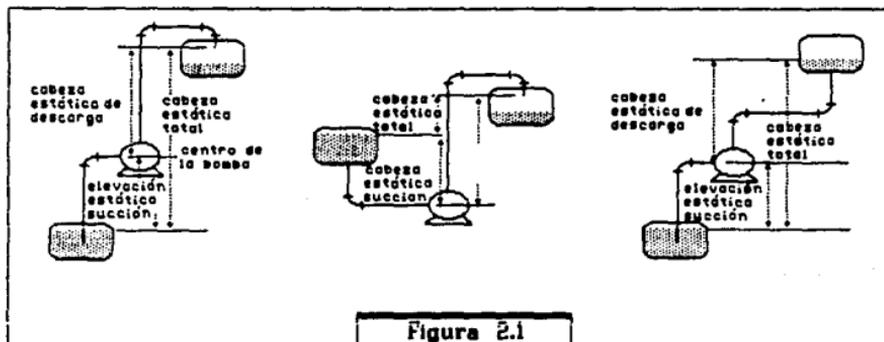
En general, se pueden clasificar las bombas en tres clases; reciprocantes, centrifugas y rotatorias. Las de tipo reciprocante, consisten en un pistón, que alternativamente, carga fluido en la parte interior del pistón, al mismo tiempo que por el exterior, obliga a la salida de ésta, del pistón. Las de tipo rotatorio, contienen dos pistones rotatorios interconectados, cargando agua en la cámara y obligándole continuamente, a salir por el tubo de descarga. Las de tipo centrifugo, tienen un impulsor con aletas radiales rotatorias, cargando el agua por el centro y obligándola a salir por fuerza centrífuga.

2.2 TRABAJO Y EFICIENCIA DE LAS BOMBAS

El trabajo realizado por la bomba, es igual al producto de la masa de fluido, por el trabajo desarrollado, y que es la cabeza o columna total, contra la cual el fluido es movido. La columna, es un término ingenieril, usado para describir la energía hidráulica, ya sea estática o dinámica, equivalente a la energía potencial, de una columna de agua de

la misma altura. Cabeza y presión, son intercambiables, y pueden ser expresadas, una en términos de la otra. Si consideramos una columna de agua, de gravedad específica 1.0, la presión ejercida por unidad de área, es función únicamente de la altura de la columna.

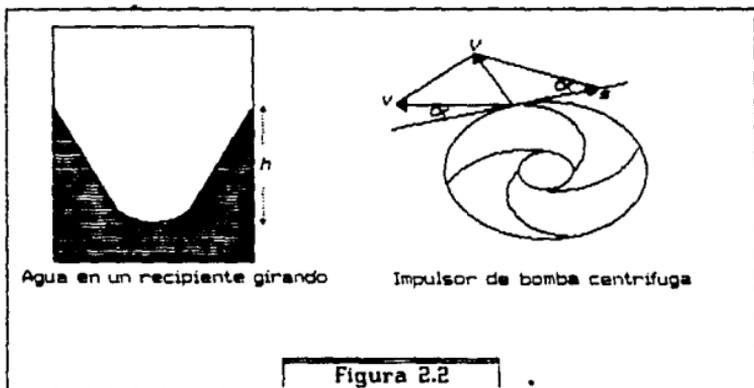
La cabeza total dinámica de una bomba (TDH), es la suma de la elevación estática de succión, de la cabeza estática de descarga, de la cabeza de fricción y de la altura de la velocidad de cabeza. La diferencia de la elevación estática de succión y la cabeza estática de descarga, se denomina cabeza estática total. Si la carga de la bomba se encuentra sumergida, esto es, que la cabeza de carga sea positiva, la elevación estática de succión es negativa y, se suma a la cabeza estática de descarga, para dar la cabeza estática total. Los conceptos mencionados, se muestran en la figura 2.1.



2.3 ACCION DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS

Si un recipiente que contiene un líquido, se hace girar sobre su eje (figura 2.2), las fuerzas centrífugas, hacen que el líquido en las paredes se eleve:

$$h = s^2/2g$$



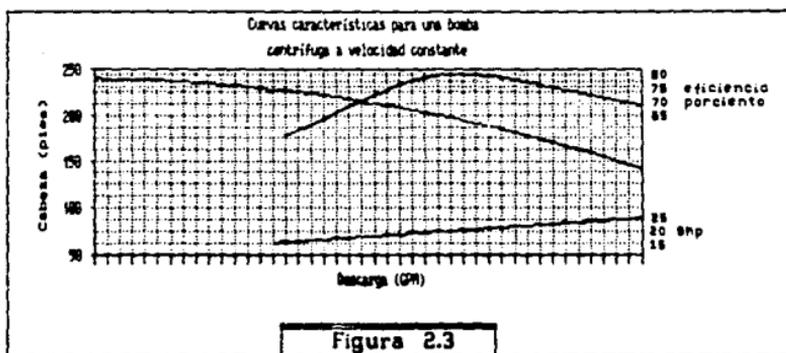
donde "h", es la altura arriba del nivel del centro, "s" es la velocidad lineal, a la cual es medida "h" y, "g" es la aceleración de la gravedad. En las bombas centrífugas, el líquido entra en el centro y, es acelerado por el impulsor rotatorio, el cual le imparte cierta velocidad tangencial y radial, la relación entre ambas, depende del diseño del

impulsor. El agua que abandona el impulsor, es frenada por el casco de la bomba, y parte de la energía cinética, se convierte en energía potencial. La conversión se logra, mediante la forma del casco o por difusores internos o guías.

2.4 CARACTERISTICAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

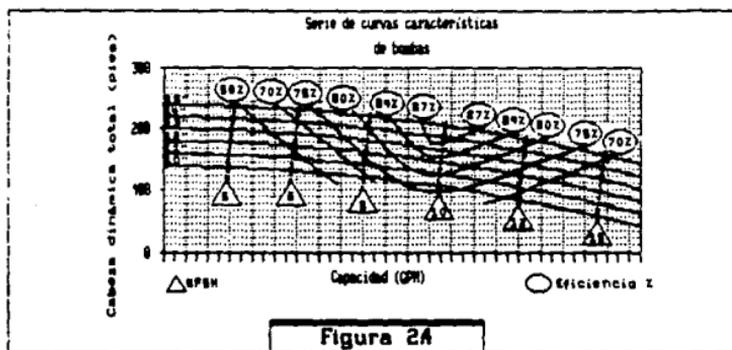
La descarga de una bomba centrífuga, no solo es función de la velocidad, sino también, de la presión a la que se opera. Las curvas características, como las mostradas en la figura 2.3, permiten la predicción de la descarga de la bomba, a diferentes valores de cabeza. Tales curvas, usualmente presentan cabeza, potencia y eficiencia, versus flujo, a velocidad constante.

La forma de la curva cabeza-descarga, es importante en la selección de la bomba, para aplicaciones específicas. Una bomba, con una representación plana, en la curva de cabeza-descarga, puede tener grandes variaciones en la descarga y, pequeñas variaciones en la presión. Esto puede ser deseable o indeseable, dependiendo del uso determinado de la bomba.



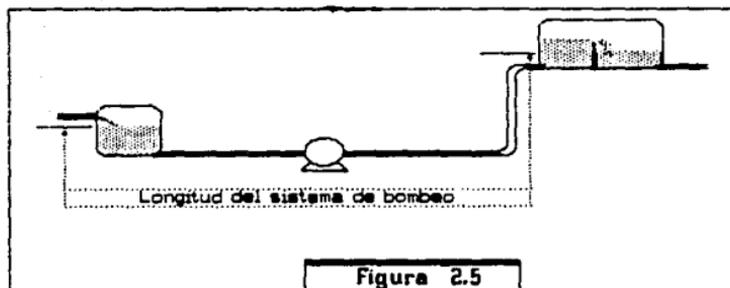
El fabricante, frecuentemente presenta datos de la bomba, en la forma mostrada en la figura 2.4. Así por ejemplo, a una bomba se le puede cambiar el diámetro del impulsor, lo cual le permite ser útil para diferentes propósitos. Esto es muy deseable, cuando se piensa en ampliaciones futuras del sistema, lográndose un reacondicionamiento sencillo, en cuanto a capacidad de las bombas.

Se pueden aproximar los requerimientos de bombeo, mediante el conocimiento del gasto y de la cabeza del sistema. Generalmente, se recomienda que no se den variaciones muy marcadas de cabeza, respecto al flujo, para este tipo de bombas.

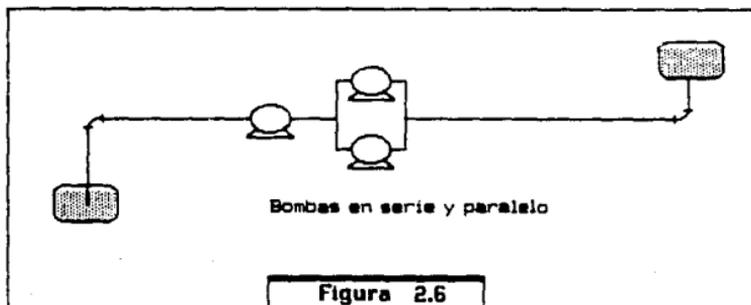


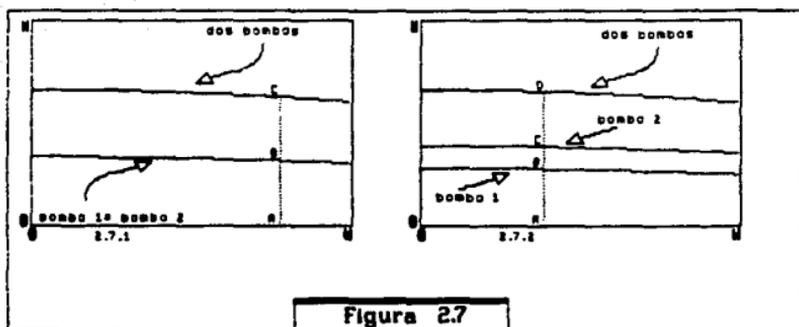
2.5 EL SISTEMA DE BOMBEO

Para poder entender el funcionamiento del sistema de bombeo, es necesario establecer, cuáles son los límites del sistema. "La tubería y equipo, a través del cual fluye el líquido, hacia y después de la bomba, componen el sistema de bombeo; solamente las longitudes de tubería, que contienen líquido controlado por la acción de la bomba, son consideradas parte del sistema de bombeo". En la figura 2.5, se muestra un sistema de bombeo y sus límites.



Puede haber mas de una bomba en el sistema de bombeo, ya que varias bombas pueden ser colocadas en serie o paralelo o combinando estos arreglos. Cuando hay mas de una bomba en el sistema, el flujo a través del mismo, debe determinarse, mediante la combinación del comportamiento de las bombas. En la figura 2.6, se muestra una combinación de éstas.





2.6 BOMBAS EN SERIE

Frecuentemente, la descarga de una bomba, surte a la succión de otra, esto es, operan en serie. Este sistema, se utiliza para obtener mayor cabeza, para un mismo tipo de bomba o para obtener condiciones de estables de presión, en el sistema; por ejemplo, para industrias de proceso, con requerimientos altos de presión, como los procesos de extracción y refinación de petróleo.

Si se presentan variaciones en la altura de los tanques de alimentación, se coloca un by-pass entre la primera y segunda bombas, por el cual retorne al tanque de

alimentación, el exceso de fluido, suministrado por la primera bomba, debido a la variación en la altura del tanque, proporcionando un flujo constante, a la descarga de la segunda bomba. En la figura 2.7, se muestra la curva de operación, de dos bombas en serie, iguales y diferentes.

2.7 BOMBAS EN PARALELO

Un arreglo de bombas en paralelo, permite manejar más flujo, con el mismo tipo de bombas, haciendo más flexible al sistema, para manejar más gasto, en condiciones de variaciones de capacidad.

Como aplicación, se puede tener una bomba de reemplazo, en caso de fallas de operación, en cuyo caso, se deben considerar los aspectos económico y de espacio, en la planta.

En la figura 2.8, se muestra la curva de operación de un sistema de dos bombas en paralelo, iguales y diferentes.

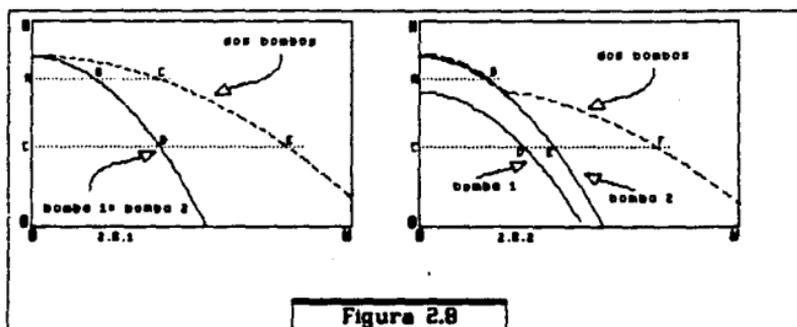


Figura 2.8

Se puede ver que la curva del sistema, se logra sumando las descargas de cada bomba, a cada valor de cabeza. En la figura 2.8.1, $AC = 2AB$, $CE = 2CD$. En la figura 2.8.2 $CF = CD + DE$. Al valor correspondiente de los puntos A y B, se ve que la bomba #1, no descarga y que solamente, es la bomba #2, la que descarga. Esto puede llevarnos a ciertos puntos de operación:

1- Si se trabaja a flujos pequeños, es recomendable utilizar la bomba mas pequeña, para que ésta absorba el trabajo.

2.- Si se encuentra trabajando desde el principio la bomba #2, absorbiendo el gasto, no sería posible arrancar la bomba #1, antes de este punto, ya que la bomba #2, se encuentra en operación.

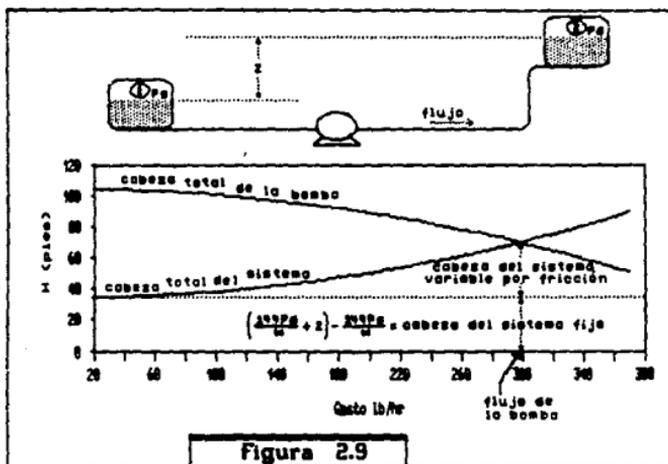
2.8 CURVAS DEL SISTEMA

Como se mencionó anteriormente, el sistema de bombeo, puede consistir en válvulas, accesorios, tubería, tanques, canales abiertos, equipos de proceso, y cualquier otro tipo de equipo, que requiere manejar el fluido, por cualquier razón. Cuando se analiza un sistema en particular, con el objeto de seleccionar la o las bombas, se debe calcular la resistencia al flujo del líquido, a través de éstos varios componentes

La curva del sistema, es generada a diferentes flujos, calculando el valor de cabeza, considerando las pérdidas por fricción, debidas a los accesorios. El trazo se inicia, a partir de la diferencia de cabezas, entre los puntos inicial y final de flujo.

Suponiendo un sistema de dos tanques, uno a nivel de la bomba y el otro, a una altura "Z", del mismo nivel, la curva del sistema, quedaría como el presentado en la figura 2.9, en esta figura, se muestra el trazo de la curva de la bomba y

del sistema juntos. El punto de cruce, es el punto de operación del sistema.



En un sistema, en el cual la descarga esté mas abajo que la carga de la bomba, la diferencia negativa de columna, moveria el fluido a través del sistema. En este caso, solo se requeriría una bomba, si el flujo necesario, es mayor que el proporcionado por el flujo por gravedad. En la figura 2.10, se muestra este sistema.

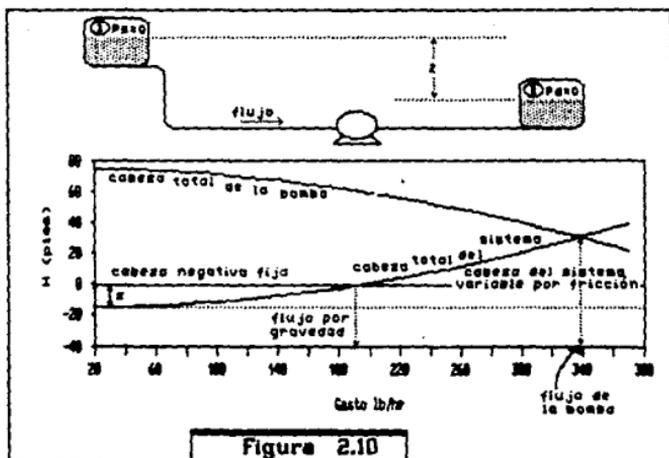


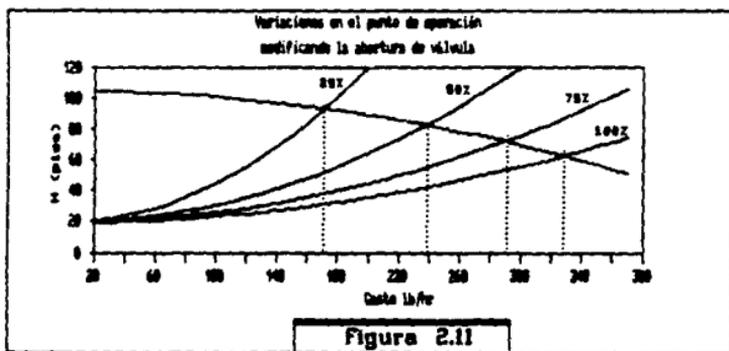
Figura 2.10

2.9 VARIANTES EN SISTEMAS DE BOMBEO

Para una condición dada, en el sistema de bombeo, solo existe un valor de cabeza, para cada valor de gasto. Por esto, una bomba centrífuga, operando a velocidad constante, puede trabajar un solo flujo. Sin embargo, algunas condiciones del sistema, pueden ser modificadas, para crear nuevas condiciones de operación. Cambios en la apertura de

una válvula, en la longitud o características de la tubería, en las propiedades del fluido debido a procesos, en la presión de los tanques, en el número de bombas o características de las mismas, son ejemplos de variables, controlables para cambiar la operación del sistema.

Un problema particular, de modificación del sistema, es aquel en el cual, la resistencia se modifica al cambiar alguna de las características mencionadas en el párrafo anterior. Por ejemplo, la válvula de control se modifica en su apertura, modificando con esto, la resistencia al flujo en este punto. La figura 2.11, muestra como se desplaza el punto de operación, con la válvula abierta a 100, a 75, a 50 y a 25%.



Para finalizar, cuando la presión y nivel, en los tanques de un sistema, a la carga y descarga de la bomba, no son constantes, el tratamiento es diferente; se localizan diferentes puntos de operación. En este caso, para resolver los problemas, mediante el programa propuesto, se hará la consideración de que los tanques son de nivel y presión constante y que la bomba o bombas, se localizan al nivel del piso, señalándose éste, como el nivel de referencia.

3.0 DESCRIPCION DEL PROGRAMA

3.1 CARACTERISTICAS DEL PROGRAMA

El programa fue realizado en QUICK-BASIC versión 4.5 y se presenta ya compilado con la intención de que pueda ser utilizado por cualquier alumno aun cuando este no sepa el manejo de un computador personal.

Para utilizar este programa se requiere de un computador compatible con el sistema IBM-PC con 512 K-bytes de memoria RAM como mínimo y una unidad de disco de 5 1/4". Debido a que la mayoría de los computadores personales existentes en la Facultad, a los cuales el alumno tiene acceso, cuentan con monitores monocromáticos tipo TTL el programa está diseñado para ser utilizado en estas máquinas sin necesidad de simuladores. Por lo anterior, el monitor puede ser monocromático o preferentemente a colores con tarjeta CGA.

El programa cuenta con 32 archivos de gráficos bajo el nombre de "DEJnn.GRH" los cuales contienen las imágenes del intercambiador de calor y arreglos de bombas. Cuenta también con 12 archivos de bases de datos los cuales son:

-ACCESS.DAT contiene los datos de válvulas de control, válvulas de seguridad y tipos de codos, así como el valor correspondiente de L/D.

-F-FRICCL1.DAT contiene los datos de factor de fricción, número de Reynolds y diámetro interno obtenidos a partir de la gráfica A-26 (1).

-TUBERIA.DAT contiene los datos de los tipos de tubería disponibles, y 10 archivos T-SCHnn.DAT los cuales contienen las cédulas disponibles así como el tamaño nominal, diámetros interno y externo de cada tubo obtenidos a partir de la tabla B-16 (1).

Como son muchos los archivos a manejar, principalmente los de gráficos, se utiliza un disco virtual (RAM) al cual se transfieren todos los archivos de trabajo, esto con la finalidad de obtener mayor rapidez en las operaciones E/S del programa. Por este motivo se debe iniciar el trabajo siempre con el DISCO #1 el cual ya contiene la configuración del sistema para generar el disco virtual.

3.2 ESTRUCTURACION DEL PROGRAMA

El paquete se compone de un programa principal y 9 sub-programas, el programa principal se llama SISTEMA y es el que contiene la declaración de los sub-programas, así como los

bloques de captura de datos, control de sub-programas, captura de errores, reconocimiento del sistema e instalación del programa.

Los sub-programas realizan las siguientes funciones:

1.- FRICCION.- Calcula el factor de fricción, por medio de fórmula o mediante la búsqueda en datos obtenidos a partir del gráfico A-25, para lo cual se necesita suministrar los valores de número de Reynolds y diámetro interno de la tubería.

2.- BOMBAS.- Efectúa la captura de datos de la o las bombas del sistema, convierte los valores de flujo en gasto másico y encuentra la ecuación que mejor satisface el comportamiento de la bomba. Se necesita suministrar directamente los datos de flujo volumétrico y cabeza de la bomba.

3.- GRABOM.- Efectúa el trazo de las líneas que representan a la o las bombas que componen el sistema de bombeo mediante las ecuaciones generadas a partir de los datos suministrados en el sub-programa de BOMBAS.

4.- CREACIONMODELO.- Genera el modelo con el cual se va a trabajar, mostrando las opciones disponibles de bombas,

arreglos de estas e intercambiadores de calor. En la figura 3.1 se muestra el proceso de selección y las opciones disponibles para el cálculo.

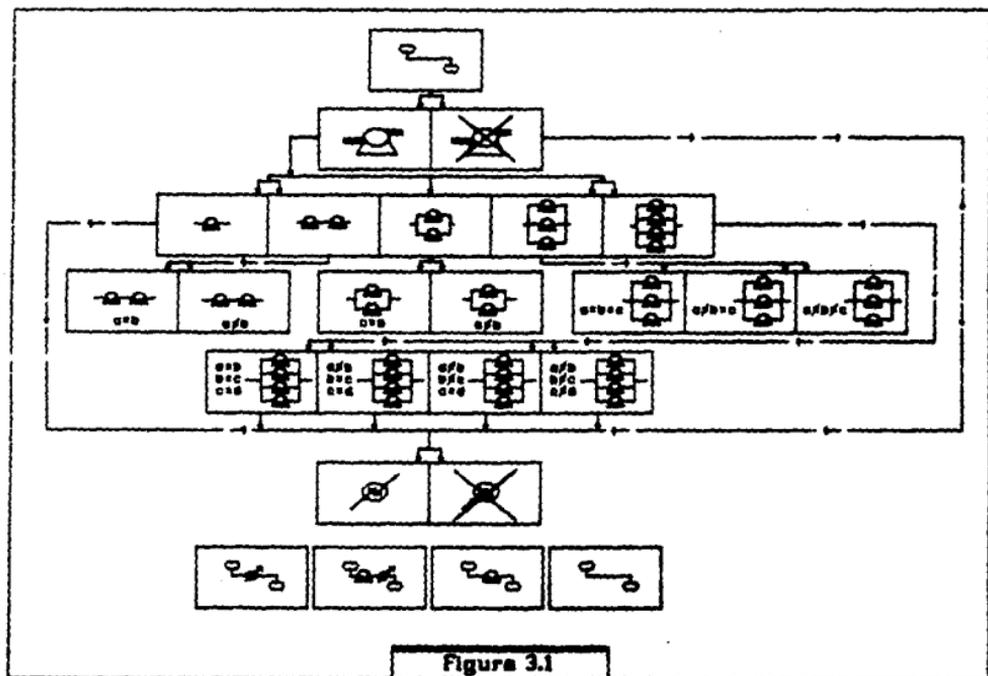


Figura 3.1

5.- TUBOS.- Suministra al usuario una variedad de tipos de tuberías comercialmente disponibles para este programa, al mismo tiempo que indica al programa el valor de diámetro interno correspondiente al tamaño nominal seleccionado por el usuario. La tabla 3.1 muestra un condensado de la información contenida en las bases de datos y en el APENDICE II se muestran todos los datos concernientes a la tubería.

6.- ACCES.- Cuenta con una pequeña base de datos de accesorios como lo son las válvulas de control, de seguridad y codos, los cuales pueden ser seleccionados fácilmente y permiten ver las características de los accesorios seleccionados. La tabla 3.2 muestra los accesorios disponibles para el programa, los cuales fueron extraídos de la tabla A-30 del CRANE (1).

7.- GRAFICO.- Este sub-programa realiza el dimensionamiento de la pantalla, y localiza el valor de cruce para sistemas que no tienen bombas, para ello se necesita suministrar los valores de longitud de las líneas, altura y presión de los tanques, propiedades del fluido, diámetro de la tubería y los valores de L/D de los accesorios y, si existe intercambiador de calor, el número de tubos, número de pasos y longitud de los tubos.

Tabla 3.1 Diámetros disponibles

T.Nom.	De(in)	Esp.(in)	Di(in)	T.Nom.	De(in)	Esp.(in)	Di(in)
Cédula 10				Cédula 40			
14	14.000	0.250	13.500	1/8	0.405	0.068	0.269
16	16.000	0.250	15.500	1/4	0.540	0.088	0.364
18	18.000	0.250	17.500	3/8	0.675	0.091	0.493
20	20.000	0.250	19.500	1/2	0.840	0.109	0.622
24	24.000	0.250	23.500	3/4	1.050	0.113	0.824
30	30.000	0.312	29.370	1	1.315	0.133	1.049
Cédula 20				1 1/8	1.660	0.140	1.380
Cédula 30				1 1/4	1.900	0.145	1.610
8	8.625	0.250	8.125	2	2.375	0.154	2.067
10	10.750	0.250	10.250	2 1/2	2.875	0.203	2.469
12	12.750	0.250	12.250	3	3.500	0.216	3.068
14	14.000	0.312	13.376	3 1/2	4.000	0.226	3.548
16	16.000	0.312	15.376	4	4.500	0.237	4.026
18	18.000	0.312	17.376	5	5.563	0.258	5.047
20	20.000	0.375	19.250	6	6.625	0.280	6.065
24	24.000	0.375	23.250	8	8.625	0.322	7.981
30	30.000	0.500	29.000	10	10.750	0.365	10.020
Cédula 60				12	12.750	0.406	11.938
8	8.625	0.277	8.071	14	14.000	0.438	13.124
10	10.750	0.307	10.136	16	16.000	0.500	15.000
12	12.750	0.330	12.090	18	18.000	0.562	16.876
14	14.000	0.375	13.250	20	20.000	0.593	18.814
16	16.000	0.375	15.250	24	24.000	0.687	22.626
18	18.000	0.438	17.124	Cédula 80			
20	20.000	0.500	19.000	1/8	0.405	0.095	0.215
24	24.000	0.562	22.876	1/4	0.540	0.119	0.302
30	30.000	0.625	28.700	3/8	0.675	0.126	0.423
Cédula 80				1/2	0.840	0.147	0.546
8	8.625	0.406	7.813	3/4	1.050	0.154	0.742
10	10.750	0.500	9.750	1	1.315	0.179	0.957
12	12.750	0.562	11.626	1 1/8	1.660	0.191	1.278
14	14.000	0.593	12.814	1 1/4	1.900	0.200	1.500
16	16.000	0.656	14.688	2	2.375	0.218	1.929
18	18.000	0.750	16.500	2 1/2	2.875	0.276	2.323
20	20.000	0.812	18.376	3	3.500	0.300	2.900
24	24.000	0.968	22.060	3 1/2	4.000	0.318	3.364
Cédula 100				4	4.500	0.337	3.826
8	8.625	0.406	7.813	5	5.563	0.375	4.813
10	10.750	0.500	9.750	6	6.625	0.432	5.761
12	12.750	0.562	11.626	8	8.625	0.500	7.625
14	14.000	0.593	12.814	10	10.750	0.593	9.564
16	16.000	0.656	14.688	12	12.750	0.687	11.376
18	18.000	0.750	16.500	14	14.000	0.750	12.500
20	20.000	0.812	18.376	16	16.000	0.843	14.314
24	24.000	0.968	22.060	18	18.000	0.937	16.126
Cédula 120				20	20.000	1.031	17.938
8	8.625	0.406	7.813	24	24.000	1.218	21.564
10	10.750	0.500	9.750				
12	12.750	0.562	11.626				
14	14.000	0.593	12.814				
16	16.000	0.656	14.688				
18	18.000	0.750	16.500				
20	20.000	0.812	18.376				
24	24.000	0.968	22.060				

Tabla 3.1 Diámetros disponibles (Continuación)

T.Nom.	De (in)	Esp. (in)	Di (in)	T.Nom.	De (in)	Esp. (in)	Di (in)
Cédula 100				Cédula 120			
8	8.625	0.593	7.439	4	4.500	0.438	3.624
10	10.750	0.718	9.314	5	5.563	0.500	4.563
12	12.750	0.843	11.064	6	6.625	0.562	5.501
14	14.000	0.937	12.126	8	8.625	0.718	7.189
16	16.000	1.031	13.938	10	10.750	0.843	9.064
18	18.000	1.156	15.688	12	12.750	1.000	10.750
20	20.000	1.281	17.438	14	14.000	1.093	11.814
24	24.000	1.531	20.930	16	16.000	1.218	13.564
Cédula 160				18	18.000	1.375	15.250
1/2	0.840	0.187	0.466	20	20.000	1.500	17.000
3/4	1.050	0.218	0.614	24	24.000	1.812	20.376
1	1.315	0.250	0.815	Cédula 140			
1 1/4	1.660	0.250	1.160	8	8.625	0.812	7.001
1 1/2	1.900	0.281	1.338	10	10.750	1.000	8.750
2	2.375	0.343	1.689	12	12.750	1.125	10.500
2 1/4	2.875	0.375	2.125	14	14.000	1.250	11.500
3	3.500	0.438	2.624	16	16.000	1.438	13.124
4	4.500	0.531	3.438	18	18.000	1.526	14.876
5	5.563	0.625	4.313	20	20.000	1.750	16.500
6	6.625	0.718	5.189	24	24.000	2.062	19.876
8	8.625	0.906	6.813				
10	10.750	1.125	8.500				
12	12.750	1.312	10.126				
14	14.000	1.406	11.188				
16	16.000	1.593	12.814				
18	18.000	1.781	14.438				
20	20.000	1.968	16.064				
24	24.000	2.343	19.314				

Tabla 3.2 Accesorios disponibles

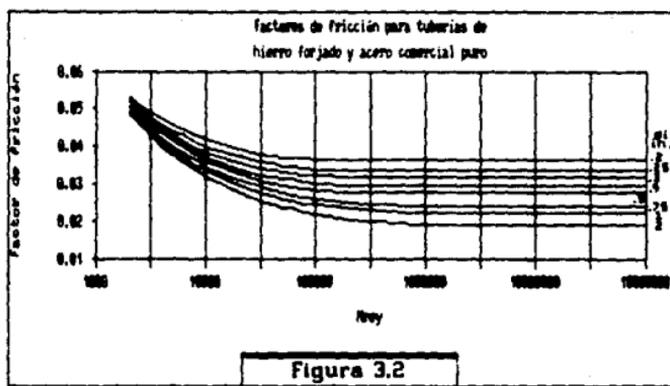
(ACCESORIO)	VALVULAS DE CONTROL	(L/D)
VALVULA DE GLOBO 1	PERPENDICULAR SIN OBSTRUCCION	340
VALVULA DE GLOBO 2	PERPENDICULAR CON DISCO	450
VALVULA DE GLOBO 3	EN FORMA DE 'Y' (60°)	175
VALVULA DE GLOBO 4	EN FORMA DE 'Y' (45°)	145
VALVULA DE COMPUERTA 1	DE DISCO 100% ABIERTA	13
VALVULA DE COMPUERTA 2	DE DISCO 75% ABIERTA	35
VALVULA DE COMPUERTA 3	DE DISCO 50% ABIERTA	160
VALVULA DE COMPUERTA 4	DE DISCO 25% ABIERTA	600
VALVULA DE COMPUERTA 5	TIPO SURTIDOR 100% ABIERTA	17
VALVULA DE COMPUERTA 6	TIPO SURTIDOR 75% ABIERTA	50
VALVULA DE COMPUERTA 7	TIPO SURTIDOR 50% ABIERTA	260
VALVULA DE COMPUERTA 8	TIPO SURTIDOR 25% ABIERTA	1200
VALVULA DE MARIPOSA	DE 8 PULG. O MAS	40
CODOS		
CODO 1	90° NORMAL	30
CODO 2	45° NORMAL	16
CODO 3	90° RADIO AMPLIO	20
CODO 4	90° TIPO STREET	50
CODO 5	45° TIPO STREET	26
CODO 6	ESQUINA CUADRADA	57
VALVULAS CHECK		
VALVULA CONVENCIONAL	CON OSCILADOR	135
VALVULA CONVENCIONAL	CON OSCILADOR DESPEJADO	50
VALVULA TIPO GLOBO	PERPENDICULAR O EN FORMA DE 'Y'	145
VALVULA TIPO ANGULO	SIN OBSTRUCCION	145
VALVULA DE BOLA	VERTICAL U HORIZONTAL	150

8.- GRAFICO1.- Aquí se realiza el dimensionamiento y cálculo del punto de cruce para sistemas que tienen bombas, para lo cual se deben suministrar los datos del inciso anterior y además, las ecuaciones que representan las curvas de las bombas.

9.- IMPRIME.- Aquí se realiza la salida al impresor de los datos generados y capturados por el programa, obteniendo una imagen del sistema seleccionado y sus características de operación.

3.3 CALCULO DEL FACTOR DE FRICCION

Para calcular el factor de fricción se cuenta con dos opciones, calcularlo mediante la ecuación $f=0.14/(N\text{rey}^{-0.16})$ o mediante datos obtenidos a través de la gráfica A-26 del CRANE (1).



Se cuenta con valores de diámetros internos de 0.2, 0.25, 0.3, 0.4, 0.5, 0.75, 1, 2 y 36 pulgadas, y valores de número de Reynolds desde 2,000 hasta 100,000,000. Para conseguir estos datos se leyeron los valores directamente del original y se colocaron tabulados en el archivo F-FRICCI.DAT, la gráfica resultante es la presentada en la figura 3.2. En el APENDICE II se encuentran los datos utilizados.

El módulo de FRICCIÓN recibe información de como realizar el cálculo del factor de fricción mediante la variable COMOS, si es por medio de la correlación se substituye directamente el valor del número de Reynolds en la ecuación y devuelve el valor del factor de fricción.

Si la opción de cálculo es mediante gráfica, se abre el archivo de F-FRICCI.DAT y se van comparando los diámetros disponibles con el diámetro utilizado para el cálculo, localizando el diámetro superior (d_s) y el inferior (d_i) al utilizado. Se lee la información del disco y se conserva durante el cálculo, esta información incluye los valores de número de Reynolds y factor de fricción para cada diámetro.

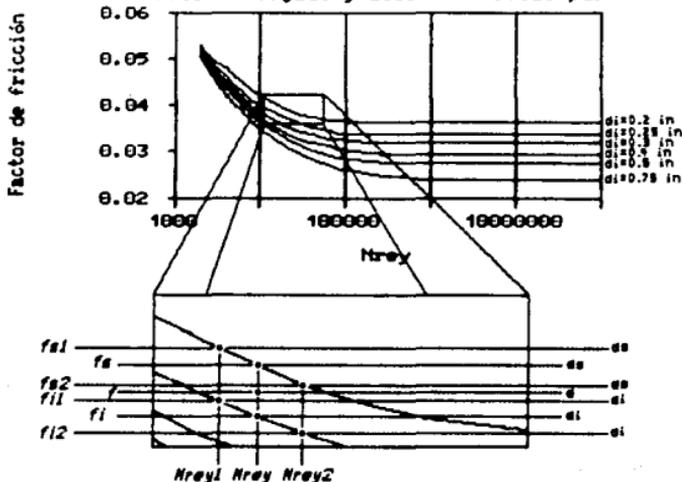
Se localizan los valores superior e inferior del número de Reynolds y sus valores correspondientes de factor de fricción. Se encuentra la ecuación que representa a la línea

que une a los dos puntos y para cada diámetro se localiza el valor de factor de fricción al valor del número de Reynolds buscado. Se obtiene así un valor de factor de fricción superior (f_s) al valor del diámetro superior (d_s) y un valor de factor de fricción inferior (f_i) al valor del diámetro inferior (d_i). Se encuentra para estos puntos la ecuación que representa la recta que los une, y se substituye el valor del diámetro utilizado calculandose así el factor de fricción buscado. En la figura 3.3 se muestra el procedimiento descrito con las ecuaciones involucradas.

Este procedimiento se realiza dos veces, una para cada tramo, obteniendose un factor de fricción para el tramo 1, y uno más para el tramo 2, con sus respectivos valores de número de Reynolds.

Una vez que se ha terminado de generar el gráfico los valores de las variables usadas son borrados de la memoria, previendo un cambio en las variables del sistema, pero esto no es problema, ya que el recalcular solamente se toma unos segundos, restableciendo todas las variables.

Factores de fricción para tuberías de
hierro forjado y acero comercial puro



$$b1 = \frac{(f_{a1} + f_{a2})(d_s^3 + d_i^3) - (d_s + d_i)(d_s f_{a1} + d_i f_{a2})}{2(d_s^3 + d_i^3) - (d_s + d_i)}$$

$$a1 = \frac{2(d_s f_{a1} + d_i f_{a2}) - (d_s + d_i)(f_{a1} + f_{a2})}{2(d_s^3 + d_i^3) - (d_s + d_i)}$$

$$f_a = b1 + a1 \times d_s$$

$$b2 = \frac{(f_{i1} + f_{i2})(d_i^3 + d_i^3) - (d_i + d_i)(d_i f_{i1} + d_i f_{i2})}{2(d_i^3 + d_i^3) - (d_i + d_i)}$$

$$a2 = \frac{2(d_i f_{i1} + d_i f_{i2}) - (d_i + d_i)(f_{i1} + f_{i2})}{2(d_i^3 + d_i^3) - (d_i + d_i)}$$

$$f_i = b2 + a2 \times d_i$$

$$b = \frac{(f_a + f_i)(d_s^3 + d_i^3) - (d_s + d_i)(d_s f_a + d_i f_i)}{2(d_s^3 + d_i^3) - (d_s + d_i)}$$

$$m = \frac{2(d_s f_a + d_i f_i) - (d_s + d_i)(f_a + f_i)}{2(d_s^3 + d_i^3) - (d_s + d_i)}$$

$$f = b + m \times d$$

Figura 3.3

3.4 GENERACION DE LAS ECUACIONES DE LAS BOMBAS

A partir del usuario se obtienen los datos de las curvas de las bombas utilizadas mediante 5 datos de gasto (GPM) y 5 de cabeza (pies). Para este programa solo se aceptaran curvas que se puedan representar mediante la ecuación

$$h = a - b * x^2$$

también es importante mencionar que el valor de a es igual al valor de la cabeza a gasto cero, por lo que es importante suministrar este valor. De otra forma la curva generada por la ecuación no coincidirá con la obtenida mediante los datos suministrados.

El proceso de generación de la ecuación es el siguiente:

- 1.- Fijar valor de $b = 0.0000001$
- 2.- Ecuación $h = a - b$, donde $a = h (Q = 0)$
- 3.- Se calculan los valores de cabeza con la ecuación generada y se restan a los valores originales.
- 4.- Se suman los valores absolutos de las diferencias.
- 5.- Si $b = 0.0000001$ se suma a b 0.0000001 y se repite desde el paso 2.

6.- Si $b < 0.0000001$ se compara la suma de diferencias actual y la anterior, si la actual es menor que la anterior, se suma nuevamente a b 0.0000001 y se repite desde el paso 2.

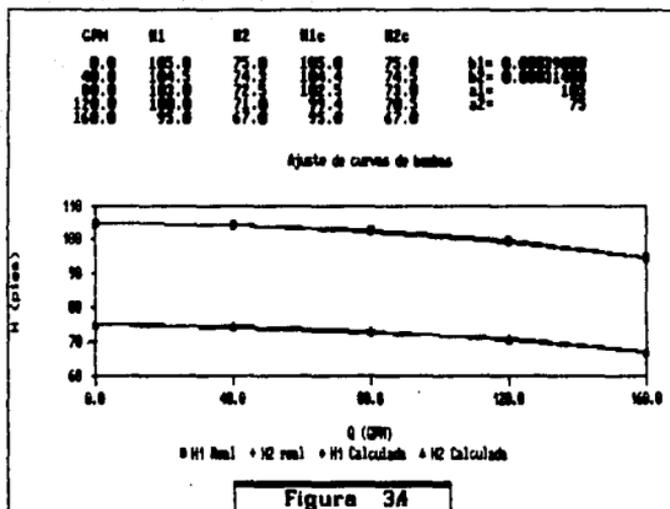
7.- Si en la comparación resulta mayor la diferencia actual a la anterior, se suspende el proceso y el valor de b es:

$$b = b - 0.0000001$$

El propósito de esta generación es el obtener ecuaciones similares en orden para que puedan ser fácilmente manejables para los fines de suma de bombas en paralelo, como se verá más adelante.

Una vez obtenidas las ecuaciones de las bombas se almacenan los datos de a y b para cada bomba en la memoria y ahí permanecen hasta que se seleccione un nuevo arreglo o se modifiquen las propiedades del fluido.

Para ejemplificar este procedimiento, se leen los datos de dos bombas presentadas en la sección 6, página 8, figura 6-8 del MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO. Se realizan los acercamientos planteados hasta obtener las ecuaciones y curvas presentadas en la figura 3.4. Se puede ver claramente que los valores obtenidos son muy aproximados a los reales.



3.5 OBTENCION DE LA CURVA DE BOMBEO

Una vez que se han generado las ecuaciones de las bombas se procede a sumar las curvas para obtener los datos correspondientes de la curva del sistema de bombeo.

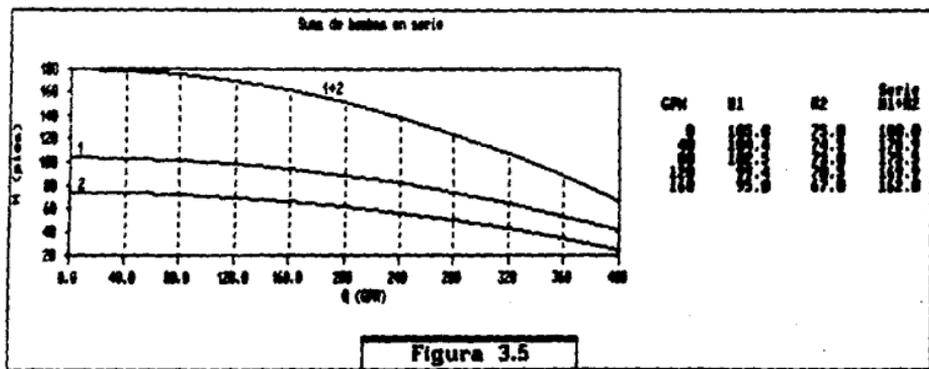
Para el caso de una bomba no hay mayor problema ya que es esta la que representa al sistema. Para el caso de dos bombas en serie, iguales o diferentes, la suma se efectúa a valor constante de gasto, obteniendose los valores de cabeza estática correspondientes para cada bomba y cada gasto, esto es:

$$h_1 = a_1 - b_1 * w^2$$

$$h_2 = a_2 - b_2 * w^2$$

$$h_t = (a_1 + a_2) - (b_1 + b_2) * w^2$$

En la figura 3.5 se ilustra el procedimiento de suma de bombas en serie.



Para el caso de bombas en paralelo, la suma se realiza a valor constante de cabeza estática, localizándose el valor de gasto para cada bomba. El sistema de bombeo se comporta de acuerdo a la curva cuyo valor de cabeza a gasto cero sea el mayor, y al ir disminuyendo el valor de cabeza se van sumando las bombas restantes conforme estas vayan apareciendo, esto es:

-dos bombas en paralelo:

$$w_1 = ((a_1 - h_1) / (b_1))^{1/2}$$

$$w_2 = ((a_2 - h_2) / (b_2))^{1/2}$$

por lo que: $w_t = w_1 + w_2$ cuando $h_1 = h_2 = h_t$

Si la curva de la bomba 1 es mayor a la de la bomba 2, en el primer tramo de la curva del sistema no operaría la bomba 2 por lo que su gasto sería cero ($w_2=0$).

-tres bombas en paralelo:

$$w_1 = ((a_1 - h_1) / (b_1))^{1/2}$$

$$w_2 = ((a_2 - h_2) / (b_2))^{1/2}$$

$$w_3 = ((a_3 - h_3) / (b_3))^{1/2}$$

por lo que: $w_t = w_1 + w_2 + w_3$ cuando $h_1 = h_2 = h_3 = h_t$

-cuatro bombas en paralelo:

$$w_1 = ((a_1 - h_1) / (b_1))^{1/2}$$

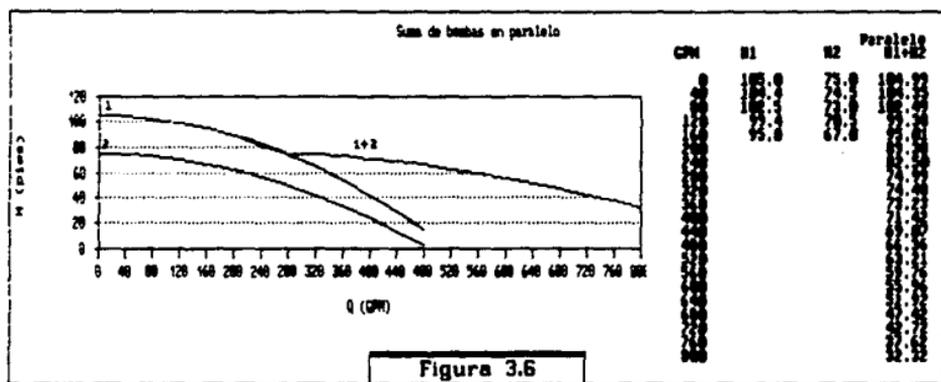
$$w2 = ((a2 - h2) / (b2))^{1/2}$$

$$w3 = ((a3 - h3) / (b3))^{1/2}$$

$$w4 = ((a4 - h4) / (b4))^{1/2}$$

Por lo que: $w_t = w1 + w2 + w3 + w4$ cuando $h1 = h2 = h3 = h4 = h_t$

En la figura 3.6 se ilustra el procedimiento de suma de bombas en paralelo.



3.6 CAIDA DE PRESION DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

Para el programa se supondrá el uso de intercambiadores de calor del tipo tubos-coraza y para calcular la caída de

presión debida a este equipo se seguirán los calculos propuestos por KERN (10). Para ello se necesita que el usuario proporcione los datos de número y longitud de tubos así como el número de pasos. El diámetro de los tubos se supondrá igual al utilizado en el sistema de tuberías.

Para calcular la caída de presión, el proceso es el siguiente:

- Calcular el área de flujo (at)

$$at = nt * af / np \text{ donde } af = 3.1416 * ((Di / 2 / 12)^2)$$

at = área de flujo total [pies²]

af = área de flujo por tubo [pies²]

Di = diámetro interno del tubo [pulgadas]

nt = número de tubos

np = número de pasos

- Calcular la masa-velocidad (Gt)

$$Gt = w / at$$

Gt = masa-velocidad [lb/(hr pie²)]

w = gasto [lb/hr]

- Calcular el número de Reynolds (Ret)

$$Ret = D * Gt / V$$

D = diámetro del tubo (pies)

V = viscosidad (lb/(pie hr))

- Calcular el factor de fricción (f)

$$f = (0.00140 + .125 / Ret^{0.32}) / 144$$

f = factor de fricción (pie²/pulgada²)

- Calcular la caída de presión en tubos (dPt)

$$dPt = f * Gt * lt * np / (5.22 \times 10^{10} * D * s)$$

dPt = caída de presión por flujo en tubos (lb/pulgada²)

s = gravedad específica

lt = longitud del tubo

- Calcular la caída de presión por retornos (dPr)

$$dPr = (v^2 / 2g) * (4 * np / s)$$

dPr = caída de presión por retornos (lb/pulgada²)

v = velocidad [pies/segundo]

g = constante gravitacional [pies/segundo²]

- Calcular la caída de presión total del intercambiador (dPc)

$$dPc = dPt + dPr \quad [\text{lb/pulgada}^2]$$

El término $(v^2 / 2g)$ es la cabeza de velocidad y el autor proporciona un gráfico de este y la masa-velocidad. Para fines del programa se puede considerar que la relación entre la masa velocidad y la velocidad de cabeza se puede expresar por la ecuación:

$$(v^2 / 2g) = 1.3596 \times 10^{-12} + Gt^2$$

El error involucrado en el uso de esta ecuación es del 0.10%.

3.7 INICIO DE CALCULOS

Antes de iniciar las operaciones, hay que verificar que se hayan capturado todos los datos necesarios para realizar los cálculos, esto es, información del sistema elegido, tipo de tubería, accesorios, longitud de la tubería para cada

tramo, altura y presión en los tanques, y las propiedades del fluido para cada tanque, asumiéndose que estas propiedades son las correspondientes a cada tramo del sistema. En el caso de haber elegido intercambiador de calor, se verificará la existencia de los datos de número de tubos, número de pasos y longitud de los tubos. Si se ha elegido un sistema de bombeo, se verifica la existencia de los datos de la curva de la bomba o del sistema.

Si alguno de estos datos ha sido omitido no se permite el acceso a los cálculos. Si es la primera corrida es indispensable anotar correctamente todos los datos pedidos. En el caso de ser una corrida secundaria los datos permanecen en la memoria, el modificar uno de estos no interfiere con los restantes, los cuales permanecen constantes.

Se calculan las longitudes equivalentes de cada tramo incluyendo las opciones de accesorios seleccionadas mediante las ecuaciones:

$$le1 = (\text{Longitud } 1) + (L/Dv.\text{control} + L/Dcodo + L/Dv.\text{check}) * di$$

$$le2 = (\text{Longitud } 2) + L/Dcodo * di$$

donde:

le=longitud equivalente [pies]

L=longitud [pies]

di=diámetro interno [in]

L/D=longitud equivalente del accesorio (pies/pulgada)

Se calcula también el valor de cada una de las cabezas estáticas de los tanques mediante las ecuaciones:

$$H_1 = Z_1 + 1.44 * P_1 / d_1$$

$$H_2 = Z_2 + 1.44 * P_2 / d_2$$

donde:

H=cabeza estática (Pies de fluido)

Z=altura (pies)

P=presión (psia o psig)

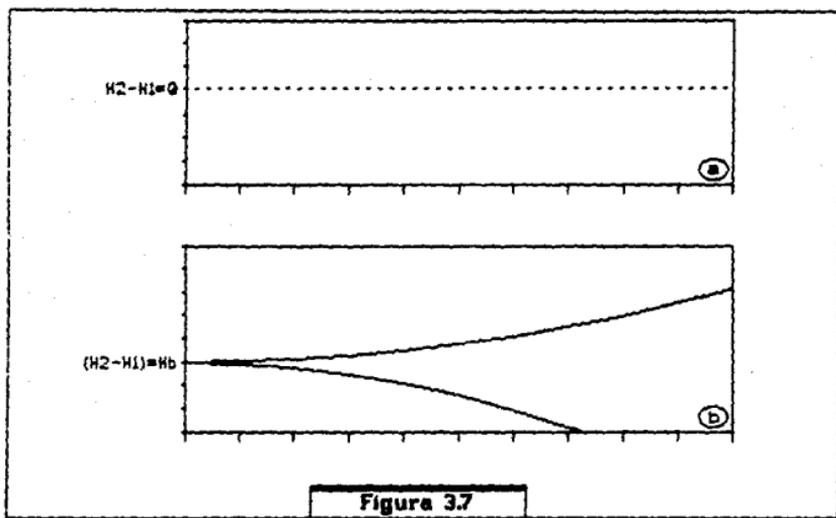
densidad (lb/pie³)

Hay que verificar algunas condiciones de operación; en el caso de que no exista sistema de bombeo la primera condición es que la diferencia de cabeza estática de los tanques sea diferente de cero, de lo contrario el sistema se encontraría en equilibrio y no existiría flujo. Cuando se presenta esta condición, se niega el acceso a los cálculos y se propone el uso de bombas. Otra opción para la condición de flujo cero, es modificar la altura o presión de los tanques, pero solo recomendable para ver el comportamiento del sistema ya que esto no sería una buena solución al problema.

En el caso de usar un sistema de bombeo, es necesario verificar que la diferencia entre H₂ y H₁ no sea igual o

mayor al valor máximo de H_b del sistema de bombes, ya que si esto ocurre el sistema de bombeo no es capaz de realizar el trabajo requerido.

En la figura 3.7 se ilustra cada uno de los casos mencionados.



3.7.1 CALCULOS (sin bombas)

Pasados estos filtros se procede a realizar los cálculos preliminares, esto es, dimensionar la ventana de gráficos para que el punto de cruce sea visible en el rango de operación física de la pantalla, para ello se pasa el control al sub-programa GRAFICO.

Para dimensionar la ventana de gráficos se procede de esta forma:

1.- Se fija gasto másico inicial $W=0$

2.- Se calcula el número de Reynolds para cada tramo:

$$N_{rey1} = 6.31 * W / (d_i * v_1)$$

$$N_{rey2} = 6.31 * W / (d_i * v_2)$$

donde:

$$w = \text{gasto másico [lb/hr]}$$

$$v = \text{viscosidad dinámica [cP]}$$

3.- Se calcula el factor de fricción para cada tramo, llamando al sub-programa FRICCION, el cual actúa dependiendo de la forma de cálculo, ya sea mediante correlación o

mediante datos de gráfica, devolviendo el valor correspondiente del factor de fricción.

4.- Se calcula el valor de la cabeza estática total del sistema mediante la ecuación:

$$ht=0.000486*w^2*(f1*le1*(1/d1)+f2*le2*(1/d2))/di^5+dPc*144/d2$$

donde:

f=factor de fricción

dPc=caída de presión debida al intercambiador de calor [psi]
el segundo término es igual con cero cuando no existe intercambiador de calor seleccionado para el sistema.

5.- Se compara el valor de ht con el valor absoluto de la diferencia de la cabeza estática de los tanques, si ht es mayor que esta se suspende el proceso y se pasa al punto 6, si no, el gasto se incrementa y se vuelve al punto 2.

Para los incrementos de w, se toman en cuenta los diámetros internos utilizados, por ejemplo, si el diámetro interno es muy grande, el gasto que puede manejar también lo es, y si se hace un incremento en w muy pequeño, el punto de cruce se localizaría muy despacio o viceversa, por lo que se procede de la siguiente forma; para cada intervalo de diámetros se encontró un incremento adecuado quedando:

a) si $d_i > 10$ entonces el incremento es 6000

- b) si $d_i < 10$ entonces el incremento es 3000
- c) si $d_i < 8$ entonces el incremento es 1000
- d) si $d_i < 1$ entonces el incremento es 50
- e) si $d_i < .5$ entonces el incremento es 10

6.- Se dimensiona la ventana desde $W=0$ hasta W_{max} y desde $h=0$ hasta $h=abs(h_2-h_1)$.

7.- El gasto actual supuesto es mayor al valor de cruce, por lo que hay que realizar ahora decrementos en el valor de gasto supuesto:

$$\text{decremento} = W_{max} * 1.3/550$$

Se fijan nuevos valores de gasto hasta que el valor de la cabeza estática del sistema es menor al valor absoluto de la diferencia entre la cabeza estática de los tanques 1 y 2. Es en este momento cuando se localiza el punto de cruce y los valores de gasto másico, factores de fricción y cabeza estática se guardan para su impresión posterior.

El por qué de este factor de decremento es el siguiente: 550 es el valor de los píxeles que involucra la ventana de gráficas en su coordenada universal de X, por lo que cualquier punto situado dentro de ella, será escala de 550, y

1.3 es un factor que involucra la rapidez con que será encontrado el cruce.

Terminados los cálculos se traza la curva del sistema, la recta a cabeza estática constante y el punto de cruce encontrado, mostrándose en la pantalla el resultado de los cálculos.

Se transfieren los valores obtenidos y el control al programa principal y estos pueden ser utilizados para imprimirlos o modificar alguna condición de operación del sistema para un nuevo cálculo.

3.7.2 CALCULOS (con bombas)

Se procede a dimensionar la ventana de gráficos, para ello, se divide el programa en dos partes, la primera realiza el dimensionamiento y cálculo de sistemas con una bomba y dos bombas en serie, iguales o diferentes. La segunda parte se encarga de el dimensionamiento y cálculo de sistemas con bombas en paralelo iguales o diferentes.

3.8 SISTEMAS CON UNA BOMBA

Para este caso no existe mayor problema, se cuenta ya con la ecuación que representa el comportamiento de la bomba:

$$h_b = a - b * W^2$$

y la ecuación que representa el comportamiento del sistema:

$$h_t = H_2 - H_1 +$$

$$0.000486 * W^2 * (f_1 * l_1 * (1/d_1) + f_2 * l_2 * (1/d_2)) / d_i^5 + dP_c * 144 / d_2$$

Se fija un gasto inicial $W=0$ y se compara el valor de la cabeza estática de del sistema y bomba, si el valor de h_t es menor al de h_b , significa que el cruce no se ha dado, por lo que a valor anterior de gasto se le suma un incremento y se repiten los cálculo. Al igual que un sistema sin bombas, el incremento para los cálculos de dimensionamiento, está en función del diámetro interno de la tubería.

En el momento en que h_t es mayor o igual a h_b , se ha localizado el punto de cruce, por lo que se suspende el dimensionamiento. Al igual que en el cálculo sin bombas, se reinicia el cálculo con un decremento en el gasto másico supuesto similar al anterior, hasta que le valor de h_t es menor o igual a h_b , cuando esto sucede se ha encontrado el punto de cruce.

3.9 SISTEMAS CON DOS BOMBAS EN SERIE

Se procede de la misma forma anterior, con la diferencia de que ahora la curva del sistema de bombeo esta representado por la suma de las curvas de las bombas que componen el sistema, esto es:

$$h_1 = a_1 - b_1 * W^2$$

$$h_2 = a_2 - b_2 * W^2$$

$$h_b = a_1 - b_1 * W^2 + a_2 - b_2 * W^2$$

3.10 SISTEMAS CON BOMBAS EN PARALELO

En esencia el procedimiento es el mismo anteriormente descrito, pero como hemos visto, un arreglo en paralelo indica que la suma de las bombas se realiza a valor constante de cabeza estática por lo que es necesario introducir una modificación al método.

La primera parte de una curva que representa a un sistema de bombas en paralelo, si es que existe una o mas bombas diferentes es, como se puede ver en la figura 3.8, la curva de la bomba mas grande representada desde gasto másico

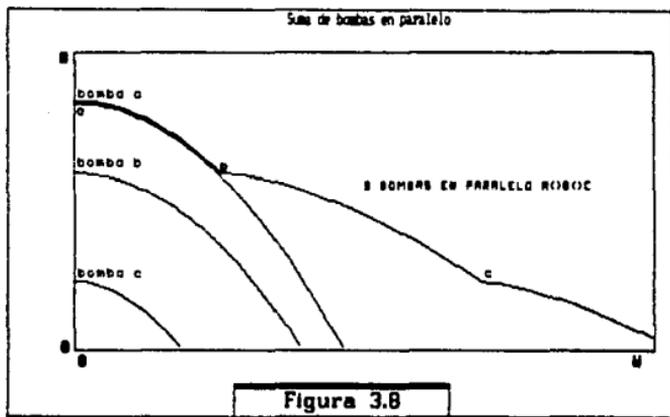
igual con cero, hasta el valor de cabeza estática menor a la bomba mas grande (a-b). La siguiente parte de la curva, se va generando al fijar valores de cabeza estática desde el valor menor de cabeza estática, hasta el valor de $H_2 - H_1$, con un decremento dado, encontrando el valor de gasto másico total a cada valor supuesto de cabeza, esto es:

$$w_1 = ((a_n - h_n) / (b_n))^{1/2}$$

$$w_2 = ((a_n - h_n) / (b_n))^{1/2}$$

$$w_n = ((a_n - h_n) / (b_n))^{1/2}$$

por lo que: $w_t = w_1 + w_2 + \dots + w_n$ cuando $h_1 = h_2 = \dots = h_n = h_t$



El decremento es igual al valor de cabeza estática mayor de cualquiera de las bombas a gasto igual con cero entre 550. y constante para todo el rango. Para este caso, al localizar el cruce, es decir, cuando h_t es mayor o igual a h_b , se realiza el decremento de cabeza estática, mas fino que el anterior, esto es:

$$\text{decremento} = h_b^{**} / 1000$$

hasta el momento en que h_t es menor o igual a h_b en el cual se ha localizado completamente el punto de cruce, guardando sus características para una futura impresión.

3.11 IMPRESION DE RESULTADOS

Una vez que se ha determinado el punto de operación, el control es regresado al programa principal, junto con los resultados los cuales pueden ser mandados a una impresora para conservarlos y compararlos con futuros cálculos.

En esa hoja de impresión quedan guardadas las variables utilizadas en el cálculo y las generadas dentro del mismo para cada tramo, como lo son:

VARIABLES UTILIZADAS:

- Viscosidad
- Densidad
- Longitud de la tubería
- Arreglo del sistema de bombeo
- Sistema elegido
- Cédula, diametro interno, espesor y tamaño nominal de la tubería
- Datos de los tanques (altura, presión)
- Accesorios y sus características
- Ecuaciones que representan las curva de las bombas
- Caída de presión debida al intercambiador de calor

Variables generadas:

- Longitud equivalente para cada tramo
- Gasto de operación
- Caída de presión total por tramo
- Caída de presión por cada cien pies de tubería
- Factor de fricción de cada tramo
- Número de Reynolds
- Dirección del flujo

El gasto de operación, factores de fricción y número de Reynolds son generados en los sub-programas de cálculo, las longitudes equivalentes son generadas en el programa principal.

La caída de presión total por tramo, es calculada mediante las ecuaciones:

$$dP_1 = 0.000483 * f_1 * l_1 * w^2 / (d_1 * d_i^5) * d_1 / 144$$

$$dP_2 = 0.000483 * f_2 * l_2 * w^2 / (d_2 * d_i^5) * d_2 / 144 + dP_c$$

La caída de presión por cada 100 pies de tubería es calculada mediante las ecuaciones:

$$dP_{100_1} = 0.000336 * f_1 * w^2 / (d_1 * d_i^5)$$

$$dP_{100_2} = 0.000336 * f_2 * w^2 / (d_2 * d_i^5)$$

Estas ecuaciones se encuentran en la sección de formulas del CRANE.

Si por algún motivo la impresora se queda fuera de línea o apagada, el error es detectado y se puede cancelar la operación o reintentar la impresión.

El programa de impresión está hecho de manera que por cada hoja tamaño carta caben dos cálculos impresos

4.0 APLICACIONES

4.1 APLICACIONES DEL PROGRAMA

Como ya se mencionó en un principio, este programa ha sido creado básicamente con la idea de complementar el estudio de Flujo de Fluidos en el área de sistemas de bombeo con imágenes de comportamiento y desiciones de cálculo. No se considera el aprender la parte teórica que involucra el tema y mucho menos, el aprender los cálculos involucrados.

Para utilizar este programa se debe tener un conocimiento previo de Flujo de Fluidos el cual involucre fluidos no compresibles, bombas y sistemas de bombeo. Además de estar familiarizado con la bibliografía y términos utilizados en esta área. Debido a la estructuración del programa, no se necesitan conocimientos previos en el uso de computadores personales.

El programa está orientado a manipular toda la información de un sistema como lo es, el diámetro interno de la tubería, propiedades del fluido, curvas de bombas, accesorios y otras mas, la cual pueden ser fácilmente cambiada para generar diferentes problemas con un mismo sistema y así poder ver como se afecta al punto de operación de este al modificar tales variables.

Se puede entregar el programa al alumno una vez que este ha recibido las bases teóricas del tema, junto con algunos problemas a resolver con el fin de enviarlo a la máquina para familiarizarse con el programa y a manejar las variables.

Ahora se pueden responder algunas preguntas con respecto al punto de operación del sistema . . . si:

- se modifican las características del intercambiador de calor
- se modifica la apertura de una válvula
- se selecciona una válvula diferente
- se utiliza un diámetro diferente
- se modifican las longitudes de los tramos rectos o las alturas de los tanques y la presión en cada uno de estos
- se modifican las condiciones de operación de las bombas

O respecto al cálculo se podrá ver que sucede si se utiliza la correlación propuesta en el cálculo del factor de fricción en vez de datos leídos de la gráfica correspondiente. Se ve en que intervalos de gasto o para que valores de diámetro interno es válido el uso de esta correlación.

4.2 COMO CARGAR EL PROGRAMA

Si el computador se encuentra encendido, coloque en la unidad "A:" el disco etiquetado como "DISCO #1" y presione simultáneamente las teclas [CTRL][ALT][DEL], esperando a que el sistema se restablezca. Si el computador se encuentra apagado, coloque el "DISCO #1" en la unidad "A:" y encienda el computador de la siguiente forma:

- 1.- Encienda el monitor del computador
- 2.- Encienda la impresora (opcional)
- 3.- Encienda el computador

El programa iniciará automáticamente identificando el tipo de tarjeta de video y monitor en uso así como la asignación del disco virtual. Una vez que ha sido localizada la unidad virtual se copiarán a esta todos los archivos de trabajo. Terminada esta rutina se pedirá que retire de la unidad "A:" el "DISCO #1" y se remplace por el "DISCO #2", esto con el fin de terminar de cargar el programa a la memoria y pasar la información generada al segundo disco.

4.3 COMO INICIAR LOS CALCULOS

Los siguientes pasos son los recomendados para comanzar a trabajar con este programa, no es necesario seguir este

orden siempre y cuando se suministren todos los datos requeridos.

Para ilustrar el procedimiento, trabajaremos con un sistema con las siguientes características:

- Agua inicialmente a 120°F y a 200°F después del intercambiador de calor.

Tramo	Temperatura	Viscosidad	Densidad
1	100°F	.66 cP	61.862 lb/ft ³
2	200°F	.30 cP	60.021 lb/ft ³

- Intercambiador de calor tipo tubos-coraza con 160 tubos de 1 1/2 pulgadas de 20 pies de largo y con 10 pasos en los tubos.

- Los dos tanques a presión atmosférica (14.7 psia), el tanque 1 (TA-1) a 15 pies y el tanque 2 (TA-2) a 25 pies de altura ambos respecto al nivel del piso.

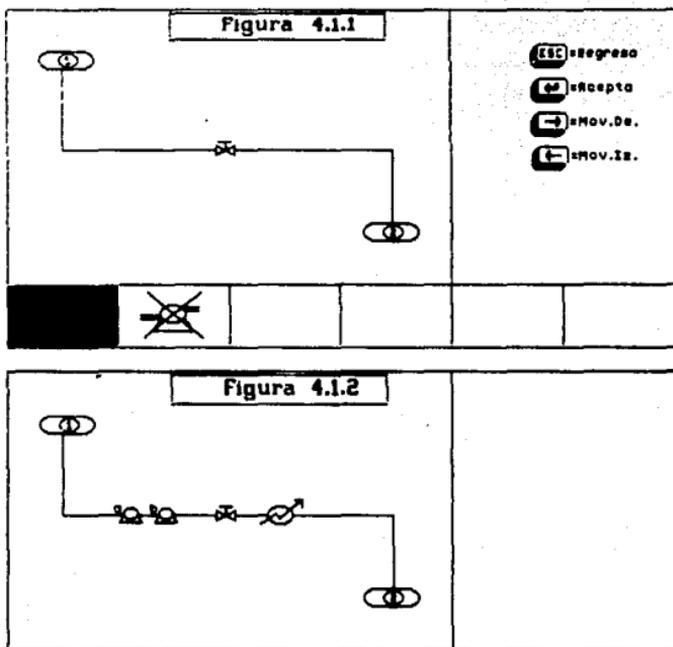
- Un sistema de bombeo compuesto por dos bombas en serie iguales, con un diámetro de impulsor igual a 5 pulgadas, con los siguientes datos:

GPM	H(pies)
0	105

40	104.5
80	103
120	100
160	95

- Tubería de 1 1/2 pulgadas CEDULA 40. L1=20 y L2=60 pies
- Valvula de control de compuerta 100% abierta
- Codos de 90° de radio estandard
- Válvulas 'CHECK' tipo convencional con oscilador
- Cálculo del factor de fricción mediante datos de gráfica.

4.3.1.- ELEGIR SISTEMA.- Se elige esta opción para seleccionar el sistema a trabajar. Al aparecer la pantalla inicial se elige el sistema de bombeo, con dos bombas en serie (A=B) y luego, con intercambiador de calor en el tramo 2. Para moverse a través de las opciones se utilizan las teclas del cursor y para aceptar una opción se presiona la tecla (INTRO). La pantalla que debe aparecer inicialmente es la presentada en la figura 4.1.1, y la que debe aparecer al final de la selección descrita debe ser como la presentada en la figura 4.1.2.



Mientras no desaparezcan las opciones de la parte inferior de la pantalla se puede regresar de nivel en nivel oprimiendo la tecla (ESC), cuando desaparecen las opciones significa que ha terminado la selección del sistema y se queda estática la imagen hasta que se oprima cualquier tecla, esto con la finalidad de revisar las opciones elegidas.

4.3.2.- ELEGIR TUBERIA.- Al seleccionar esta opción aparece la pantalla mostrada a continuación. El recuadro superior izquierdo muestra las opciones que el programa propone para iniciar, si desea cambiarlas seleccione la nueva cedula a manejar, y dentro de esta, el diámetro deseado. En cualquier momento se puede cancelar el proceso presionando la tecla (ESC), los datos que aparecen en la parte superior izquierda son los que se van a utilizar para el cálculo. Al realizar el primer cálculo es indispensable pasar por este módulo, en los cálculos siguientes solo si se desea modificar el diámetro de la tubería.

OPCIONES SELECCIONADAS					CEDULA 10	90
Tramo	Cedula	T. Nominal	D. Ext.	Espeor D. Interno		
1	CEDULA 40	3/4	1.950	0.113	0.824	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>ELEGIR SISTEMA ELEGIR TUBERIA ELEGIR ACCESORIOS</p> </div>						
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>SELECC. MOVIENDOSE CON O DEL CURSOR Y LUEGO PRESIONE (ESC) PARA REGRESAR</p> </div>						
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;"> <p>TIPO DE CALCULO F. FRICC. REALIZAR CALCULOS IMPRIMIR RESULTADOS SALIR AL SISTEMA</p> </div>						
					CEDULA 20	
					CEDULA 30	
					CEDULA 40	
					CEDULA 60	
					CEDULA 80	
					CEDULA 100	
					CEDULA 120	
					CEDULA 140	
					CEDULA 160	

4.3.3.- ELEGIR ACCESORIOS.- Aparece en la parte media superior de la pantalla las opciones a modificar, las cuales son, válvulas de control, codos y válvulas 'check'. Con las teclas del cursor se puede mover entre las opciones hasta seleccionar la deseada presionando la tecla (INTRO), una vez que esto suceda, se muestran en la pantalla las variantes de cada opción. En la parte inferior de la pantalla, se muestra en un recuadro grande las opciones que el programa tiene actualmente en memoria. Un poco mas abajo aparece otro recuadro mas pequeño el cual va mostrando información adicional de cada variante iluminada por el cursor. La pantalla generada para este ejemplo es la siguiente.

SELECCIONE NOVIZORRE CON LAS TECLAS O DEL CURSOR Y LUEGO	E VALVULAS Codos VALVULAS 'CHECK'	01-16-1990

ELEGIR SISTEMA ELEGIR TUBERIA ELEGIR ACCESORIOS ANOTAR LONGITUD TUBERIA ANOTAR ALTURA Y PRESION ANOTAR PROPIEDADES ANOTAR DATOS DE BOMBEO ANOTAR DATOS INTERC. TIPO DE CALCULO F.FRICC.		
VALVULA: VALVULA DE COMPUERTA 1 DE DISCO 100% ABIERTA L/D= 13 Codos : CODO 1 90° NORMAL L/D= 30 V.CHECK: VALVULA CONVENCIONAL CON OSCILADOR L/D= 135		

PRESIONE (ESC) PARA TERMINAR		

4.3.4.- LONGITUD DE LA TUBERIA.- Aparece la ventana de captura de datos de longitud de la tubería. La pantalla generada es la presentada a continuación. La longitud debe ser suministrada en unidades inglesas (pies). Para corregir algún error se presiona la tecla [F1] y el cursor es colocado en el dato anterior. Una vez que se ha elegido esta opción los datos anteriores de longitud son cero, por lo que es indispensable anotar los nuevos datos.

11:56:27	MENU PRINCIPAL	01-16-1990											
<table border="1"><tr><td>ELEGIR SISTEMA</td></tr><tr><td>ELEGIR TUBERIA</td></tr><tr><td>ELEGIR</td></tr><tr><td>ANCHO Tramo 1 = 20.0</td></tr><tr><td>ANCHO Tramo 2 = 60.0</td></tr><tr><td>ANCHO</td></tr><tr><td>ANCHO</td></tr><tr><td>ANCHO</td></tr><tr><td>ANOTAR DATOS INTENC.</td></tr><tr><td>TIPO DE CALCULO F.FRICC.</td></tr><tr><td>REALIZAR CALCULOS</td></tr></table>			ELEGIR SISTEMA	ELEGIR TUBERIA	ELEGIR	ANCHO Tramo 1 = 20.0	ANCHO Tramo 2 = 60.0	ANCHO	ANCHO	ANCHO	ANOTAR DATOS INTENC.	TIPO DE CALCULO F.FRICC.	REALIZAR CALCULOS
ELEGIR SISTEMA													
ELEGIR TUBERIA													
ELEGIR													
ANCHO Tramo 1 = 20.0													
ANCHO Tramo 2 = 60.0													
ANCHO													
ANCHO													
ANCHO													
ANOTAR DATOS INTENC.													
TIPO DE CALCULO F.FRICC.													
REALIZAR CALCULOS													
<table border="1"><tr><td>PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS</td></tr><tr><td>PRESIONE (F1) PARA REGRESAR</td></tr></table>			PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS	PRESIONE (F1) PARA REGRESAR									
PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS													
PRESIONE (F1) PARA REGRESAR													

4.3.5.- ALTURA Y PRESION DE LOS TANQUES.- Al igual que todas las opciones del menú principal, aparece la ventana correspondiente a la captura de datos de altura de los tanques (pies) y la presión a la que estos se encuentran

(psial). Para cancelar algún dato dentro de la misma línea actual, puede corregirse con la tecla (Bk-SPC), y para corregir un error en una línea posterior presionando la tecla (F1). Al igual que con la longitud de la tubería, una vez que ha seleccionado esta opción es indispensable que suministre todos los datos pedidos, ya que los anteriores han sido borrados de la memoria. Para el ejemplo propuesto la pantalla sería la siguiente:

11:58:21	MENU PRINCIPAL	01-16-1990
ELEGIR SISTEMA ELEGIR TUBERIA		
Altura 1 = 15.0 Presión 1 = 14.7 Altura 2 = 25.0 Presión 2 = 14.7		
MODIFICAR DATOS INTERAC. TIPO DE CALCULO F.FRICC. REALIZAR CALCULOS		
PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS PRESIONE (F1) PARA REGRESAR		

4.3.6.- PROPIEDADES DEL FLUIDO.- Se visualiza la ventana de captura de datos de las propiedades del fluido en la cual

hay que suministrar los datos de densidad (lb/ft³), viscosidad (cP) y la temperatura a la cual se encuentra el fluido en cada uno de los tanques (°F). Si el sistema en uso tiene bombas y se modifican las propiedades del fluido en el primer tramo de este, es indispensable darle al programa nuevamente los datos de bombeo, ya que las curvas de las bombas son generadas a partir de la densidad de este tramo.

Para los calculos, se supondrá que las propiedades de cada uno de los tanques es igual en todo el tramo que conecta a este con el sistema sin tomar en consideración los alrededores del sistema y su interacción con el mismo. Para el ejemplo propuesto la pantalla resultante sería la mostrada a continuación.

12:03:14	MENU PRINCIPAL	01-16-1990
ELEGIR SISTEMA ELEGIR TUBERIA		
Densidad 1 = 61.062 Temp 1 = 100.0 Visc 1 = 0.66 Densidad 2 = 60.021 Temp 2 = 200.0 Visc 2 = 0.30		
MODIFICAR DATOS INTERC. TIPO DE CALCULO F.FRICC. REALIZAR CALCULOS		
PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS PRESIONE (F) PARA REGRESAR		

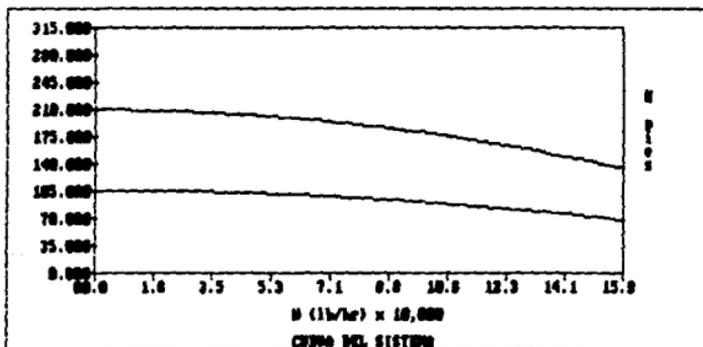
4.3.7.- DATOS DE BOMBEO.- Aparecen las opciones de capturar los datos de gasto y cabeza de la o las bombas, o ver el gráfico del comportamiento de las bombas y del sistema de bombeo, generados a partir de los datos de las bombas. Para entrar a cualquiera de las dos opciones solamente se requiere presionar la tecla (V) para ver el gráfico o la tecla (C) para capturar los datos. Si se pide ver el gráfico y no se han proporcionado los datos de las bombas, el control del programa se regresa al menú principal.

Si la opción fue capturar los datos, la pantalla generada es la presentada a continuación, la cual ya incluye los datos de el problema:

12:04:20	MENU PRINCIPAL	01-16-1990												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">ELEGIR SISTEMA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ELEGIR TUBERIA</td> </tr> </table>			ELEGIR SISTEMA		ELEGIR TUBERIA									
ELEGIR SISTEMA														
ELEGIR TUBERIA														
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">DATOS DE LA BOMBA A-B</td> </tr> <tr> <td>Q1 = 0</td> <td>H1 = 105</td> </tr> <tr> <td>Q2 = 40</td> <td>H2 = 104.5</td> </tr> <tr> <td>Q3 = 80</td> <td>H3 = 103</td> </tr> <tr> <td>Q4 = 120</td> <td>H4 = 100</td> </tr> <tr> <td>Q5 = 160</td> <td>H5 = 95</td> </tr> </table>			DATOS DE LA BOMBA A-B		Q1 = 0	H1 = 105	Q2 = 40	H2 = 104.5	Q3 = 80	H3 = 103	Q4 = 120	H4 = 100	Q5 = 160	H5 = 95
DATOS DE LA BOMBA A-B														
Q1 = 0	H1 = 105													
Q2 = 40	H2 = 104.5													
Q3 = 80	H3 = 103													
Q4 = 120	H4 = 100													
Q5 = 160	H5 = 95													
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PRESIONE (ESC) PARA CANCELAR</td> </tr> </table>			PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS		PRESIONE (ESC) PARA CANCELAR									
PRESIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS														
PRESIONE (ESC) PARA CANCELAR														

Aquí se capturan en orden, los cinco datos representativos de la o las bombas, desde la bomba A, hasta la D, si esta existe. En el caso de que haya bombas iguales en la parte superior de cada ventana de captura de datos se indicara la o las bombas que se piden.

Para regresar a la ventana anterior, se debe llenar completamente la actual presionando (INTRO) en cada línea hasta el último dato de cabeza estática de la bomba en uso y luego presionar (ESC) hasta regresar a la ventana buscada. Todos los datos capturados de las ventanas siguientes quedan descartados y es necesario teclearlos nuevamente. Si no han sido seleccionadas bombas para el sistema el programa principal bloquea el acceso a esta rutina. Si la opción fue el ver el gráfico resultante, la pantalla generada, para el problema ejemplo es la siguiente:



4.3.8.- DATOS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.- Se piden los datos de número de y longitud de tubos (pies) así como el número de pasos por estos. Al igual que en el caso de los datos de las bombas, si no ha sido seleccionado intercambiador de calor no se puede entrar a esta rutina. La pantalla generada para esta opción, incluyendo los datos del problema, es la mostrada a continuación.

12:06:57	MENU PRINCIPAL	01-16-1990
ELEGIR SISTEMA		
ELEGIR TUBERIA		
ELEG		
AND	Número de tubos	= 160.0
AND	Número de pasos	= 12.0
AND	Longitud de tubos	= 20.0
AND		
AND		
PREIONE (S) PARA ACEPTAR LOS DATOS PREIONE (F) PARA REGRESAR		
XX		

4.3.9.- TIPO DE CALCULO PARA EL FACTOR DE FRICCION.- El resultado en pantalla, al seleccionar esta opción es el mostrado:

12:08:59	MENU PRINCIPAL	01-16-1990
ELEGIR SISTEMA ELEGIR TUBERIA		
PRESIONE (C) PARA CALCULAR MEDIANTE CORRELACION PRESIONE (G) PARA CALCULAR MEDIANTE GRAFICO PRESIONE (ESC) PARA REGRESAR		
TIPO DE CALCULO F.FRIC. REALIZAR CALCULOS IMPRIMIR RESULTADOS SALIR AL SISTEMA		

Solo hay que presionar (C) si se desea el cálculo mediante correlación, (G) mediante datos de gráfica o (ESC) para regresar. Este parámetro puede modificarse cálculo tras cálculo, sin modificar otros datos como los de propiedades, longitudes, etc.

4.3.10.- REALIZAR CALCULOS.- Si se ha omitido algún dato de los anteriormente mencionados se niega el acceso a esta rutina y se muestra en la pantalla un mensaje en el cual se

4.3.11.- IMPRIMIR RESULTADOS.- Se puede obtener un condensado de la información capturada y generada con salida al impresor mediante esta opción, lo cual solo se puede obtener si se han realizado cálculos de otra forma se niega el acceso a esta rutina. El único mensaje generado por esta rutina es el de aviso si la impresora ha sido apagada o puesta fuera de línea, resumiendo el error si se desea continuar o rompiendo la rutina si se desea terminar.

El listado impreso para el ejemplo es el siguiente:

REPRESENTACION EMBLEMÁTICA	CARACTERÍSTICAS		
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 y TA-2</p> <p>ϕ Intrac. = 0.426 psi 2 BOMBAS EN SERIE (A-B)</p>	SECCION	1	2
	NOMBRE	TA-1	WA-1
	UNIDAD	WA-1	TA-2
	Flujo lb/hr	42,772.50	42,772.50
	Temp. °F	100.000	200.000
	VISC. cP	0.660	0.300
	DEMB. lb/PSI	61.062	60.921
	LONG. FT	20.000	60.000
	CEMLA	CEMLA 40	CEMLA 40
	DI	in 1.610	1.610
T.ROD. in	1 5/8	1 5/8	
L.ERL. FT	306.300	100.300	
ϕ TOT. psi	60.735	21.691	
ϕ /100	19.051	19.669	
<p>INFORMACION ADICIONAL</p> <p>VALVULA DE CONTROL: VALVULA DE CUPIERTA 1 DE DISCO 100% ABIERTA L/D = 13 CORONA CODO 1 L/D = 30 90° KERNAL L/D = 30 VALVULA CHECK: VALVULA CONVENCIONAL CON OSCILADOR L/D = 133</p> <p>DATOS DE TANQUES Z1= 15.0 FT P1= 14.7 PSI Z2= 25.0 FT P2= 15 PSI</p> <p>E C U A C I O N E S D E L A S B O M B A S H1= 105.0-0.2E+000*2 H2= 105.0-0.2E+000*2 H3= 0.0-0.0E+000*2 H4= 0.0-0.0E+000*2</p>			

4.3.12.- SALIR AL SISTEMA.- Para terminar de trabajar se elige esta opción, con la única precaución de verificar que se tenga toda la información en papel, de lo contrario, al salir del programa se pierde toda información.

Existe una ayuda adicional para ver la información global reconocida por el programa, esto es presionando la tecla [F5], dentro del menú principal. Se muestra en la pantalla un condensado de los datos generados y capturados. Para salir de esta ayuda, presione cualquier tecla, menos [F5] por que nuevamente se le regresaría dentro de la pantalla de ayuda. Para el ejemplo actual, el resultado en pantalla es el siguiente:

```

DATOS DEL SISTEMA
SISTEMA DE DOS TANQUES, CON INTERCAMBIADOR EN LA LINEA 1
UN SISTEMA DE BOMBEO DE 2 BOMBAS EN SERIE (A-B)
TANQUE 1 Z1=15 P1=14.7 DENS1=61.862 VISC1=.66 T1=100°
TANQUE 2 Z2=25 P2=14.7 DENS2=60.021 VISC2=.3 T2=200°
DATOS DE TUBERIA
TRAMO 1 TUBO DE 1 1/2 CEBULA 40 Di= 1.61 De= 1.9 L1=20 L2=60
DATOS DE ACCESORIOS
VALVULA: VALVULA DE COMPUERTA 1 DE DISCO 100% ABIERTA L/D= 13
CODOS : CODO 1 90° NORMAL L/D= 30
V.CHECK: VALVULA CONVENCIONAL CON OSCILADOR L/D= 135
ECUACIONES DE BOMBAS CALCULO DE FACTOR DE FRICCIÓN
h1 = 105.00 - 0.2E+08 w ^ 2 MEDIANTE DATOS DE GRAFICA
h2 = 105.00 - 0.2E+08 w ^ 2 DIRECCION DEL FLUJO
h3 = 0.00 - 0.0E+00 w ^ 2 TA-1 -> TA-2
h4 = 0.00 - 0.0E+00 w ^ 2 H1= 49.22 H2= 60.27
RESULTADOS DE CALCULO
Mop= 42,772.50 lb/hr mop= 294.51 fop1=0.02161 fop2=0.02078
DATOS DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR
NUM.TUBOS= 160 NUM.PASOS=12 LONGITUD DEL TUBO= 20.0 pies dP= 0.426 psi

```

4.4 ALGUNOS MENSAJES ADICIONALES

El programa puede generar algunos mensajes adicionales para orientar el seguimiento de los calculos, por ejemplo, si algún dato en las propiedades del fluido es cero o se ha omitido algún paso el mensaje sera el siguiente:

13:16:31	MENU PRINCIPAL	01-16-1990												
<table border="1"><tr><td>ELEGIR SISTEMA</td></tr><tr><td>ELEGIR TUBERIA</td></tr><tr><td>ELEGIR</td></tr><tr><td>AND DATOS INCORRECTOS/INCOMPLETOS</td></tr><tr><td>AND VARIABLES/CALCULO</td></tr><tr><td>AND PRESIONE CUALQUIER TECLA</td></tr><tr><td>AND</td></tr><tr><td>AND</td></tr><tr><td>TIPO DE CALCULO F.FRICC.</td></tr><tr><td>REALIZAR CALCULOS</td></tr><tr><td>IMPRIMIR RESULTADOS</td></tr><tr><td>SALIR AL SISTEMA</td></tr></table>			ELEGIR SISTEMA	ELEGIR TUBERIA	ELEGIR	AND DATOS INCORRECTOS/INCOMPLETOS	AND VARIABLES/CALCULO	AND PRESIONE CUALQUIER TECLA	AND	AND	TIPO DE CALCULO F.FRICC.	REALIZAR CALCULOS	IMPRIMIR RESULTADOS	SALIR AL SISTEMA
ELEGIR SISTEMA														
ELEGIR TUBERIA														
ELEGIR														
AND DATOS INCORRECTOS/INCOMPLETOS														
AND VARIABLES/CALCULO														
AND PRESIONE CUALQUIER TECLA														
AND														
AND														
TIPO DE CALCULO F.FRICC.														
REALIZAR CALCULOS														
IMPRIMIR RESULTADOS														
SALIR AL SISTEMA														

colocando siempre al centro del mensaje la o las variables omitidas o erróneas.

Como se vio anteriormente, existen otras condiciones de error, las cuales dan como resultado gasto másico igual con

cero, si alguna de estas condiciones se presentan el programa niega el acceso a los calculos y genera el mensaje de error correspondiente. Para corregir el error es necesario modificar las opciones propuestas. Los mensajes posibles se presentan a continuación.

1.- La caída de presión debida al intercambiador de calor impide el flujo por gravedad en el sistema.

```
NO EXISTE FLUJO EN EL SISTEMA
EL INTERCAMBIADOR DE CALOR LO
IMPIDE. MODIFIQUE SU SISTEMA
```

2.- El balance de energía del sistema es igual a cero por lo que no hay flujo por gravedad.

```
NO EXISTE FLUJO EN EL SISTEMA
(Hs-Ha)=0
SE RECOMIENDA USAR BOMBAS
```

3.- La caída de presión debida al intercambiador de calor impide el flujo sobrepasando la energía suministrada por la bomba.

```
NO EXISTE FLUJO EN EL SISTEMA
MODIFIQUE LAS CARACTERISTICAS
DE SU SISTEMA
```

4.- La diferencia de cabeza estática de los tanques 1 y 2 es tan grande que el sistema de bombeo no puede proporcionar la energía suficiente para que haya flujo en el sistema.

LA BOMBA NO CUBRE LAS NECESIDADES DEL SISTEMA
($H_s - H_a$) \geq $H_b(\max)$
SE RECOMIENDA USAR BOMBAS MAS POTENTES

4.5 EJEMPLOS COMPLEMENTARIOS

EJEMPLO 1

En el ejemplo de cálculo se utilizaron datos de gráfica para encontrar el punto de operación del sistema propuesto, cual sería el punto de operación calculado si esta vez se utiliza la correlación propuesta. Cual es la relación de gasto obtenido mediante datos de gráfica y el de correlación.

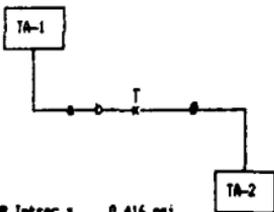
REPRESENTACION ESQUEMATICA	CARACTERISTICAS			
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 → TA-2</p> <p>ΔP Intrac. = 0.494 psi 2 BOMBAS EN SERIE (A+B)</p>	SECCION	1	2	
	DESDE	TA-1	VA-1	
	HASTA	VA-1	TA-2	
	Flujo lb/hr	46,141.50	46,141.50	
	Temp. °F	100.000	200.000	
	VISC. cP	0.660	0.300	
	DENS. lb/ft ³	61.062	60.021	
	LONG. ft	20.000	60.000	
	INFORMACION ADICIONAL	CEDULA	CEDULA 40	CEDULA 40
	VALVULA DE CONTROL: VALVULA DE COMPUERTA 1 DE DISCO 100% ABIERTA L/D = 13	DI in	1.610	1.610
COBOS: COBO 1 90° NORMAL L/D = 30	T. NOM. in	1 1/2	1 1/2	
VALVULA CHECK: VALVULA CONVENCIONAL CON OSCILADOR L/D = 133	L. EDU. ft	306.500	100.300	
DATOS DE TANQUES Z1= 15.0 ft P1= 14.7 psi Z2= 25.0 ft P2= 15 psi	ΔP TOT. psi	61.700	20.321	
ECUACIONES DE LAS BOMBAS H1= 105.0-0.2E-000M ² H2= 105.0-0.2E-000M ²	$\Delta P/100$	20.106	10.340	
H3= 0.0-0.0E+000M ² H4= 0.0-0.0E+000M ²				

EJEMPLO 2

La primera bomba del sistema anterior se descompone y para su reposición temporal se cuenta únicamente con una bomba menos potente cuyos datos son:

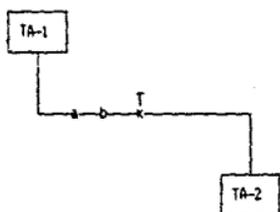
GPM	H(pies)
0	75
40	74.5
80	73
120	70
160	67

Cuál será el nuevo punto de operación?

REPRESENTACION ESQUEMATICA	CARACTERISTICAS		
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 → TA-2</p>  <p>dP Introc. = 0.416 psi 2 BOMBAS EN SERIE (A+B)</p>	SECCION	1	2
	DESDE	TA-1	WA-1
	HASTA	WA-1	TA-2
	Flujo lb/hr	42,279.61	42,279.61
	Temp. °F	100.000	200.000
	VISC. cP	0.660	0.300
	DEMB. lb/ft ³	61.862	60.021
INFORMACION ADICIONAL	LONG. ft	20.000	60.000
<p>VALVULA DE CONTROL; VALVULA DE CUPIERTA 1 DE DISCO 100% ABIERTA L/D = 13 CODOS: CODO 1 L/D = 30 90° NORMAL L/D = 30 VALVULA CHECK; VALVULA CONVENCIONAL CON OSCILADOR L/D = 135</p> <p>DATOS DE TANQUES Z1= 15.0 ft P1= 14.7 psi Z2= 25.0 ft P2= 15 psi ECUACIONES DE LAS BOMBAS H1= 75.0-0.1E+00W² H2= 105.0-0.2E+00W² H3= 0.0-0.0E+00W² H4= 0.0-0.0E+00W²</p>	CELULA	CELULA 40	CELULA 40
	DI in	1.610	1.610
	T.NOM. in	1 1/2	1 1/2
	L.EQU. ft	306.300	100.300
	dP TOT. psi	52.042	17.290
	dP/100	17.107	15.615

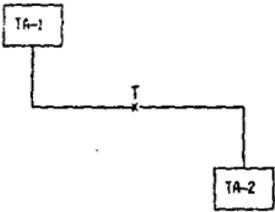
EJEMPLO 3

Con los datos del ejemplo anterior, se cierra la válvula de control un 25%, y se elimina el intercambiador de calor, por lo cual, las propiedades del tramo 1 son iguales a las del tramo 2.Cuál será el nuevo punto de operación.

REPRESENTACION ESQUEMATICA	CARACTERISTICAS		
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 → TA-2</p>  <p>2 BOMBAS EN SERIE (A) (B)</p>	SECCION	1	2
	DESDE	TA-1	VA-1
	HASTA	VA-1	TA-2
	Flujo lb/hr	40,402.81	40,402.81
	Temp. °F	100.000	100.000
	VISC. cP	0.660	0.660
	DENS. lb/ft ³	61.862	61.862
INFORMACION ADICIONAL	LONG. ft	20.000	60.000
<p>VALVULA DE CONTROL: VALVULA DE CUPIERTA 2 DE DISCO 75X ABIERTA L/D = 35 CODOS: CODO 1 90° NORMAL L/D = 30 VALVULA CHECK: VALVULA CONVENCIONAL CON OSCILADOR L/D = 135</p> <p>DATOS DE TANQUES Z1 = 15.0 ft P1 = 14.7 psi Z2 = 25.0 ft P2 = 15 psi</p> <p>E C U A C I O N E S D E L A S B O M B A S H1 = 75.0 - 0.1E-08m² H2 = 105.0 - 0.2E-09m² H3 = 0.0 - 0.0E+00m² H4 = 0.0 - 0.0E+00m²</p>	CEDULA	CEDULA 40	CEDULA 40
	DI in	1.610	1.610
	T. NOM. in	1 ½	1 ½
	L. EQU. ft	342.000	108.300
	dP TOT. psi	53.976	17.092
	dP/100	15.810	15.810

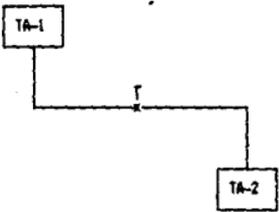
EJEMPLO 4

Con el mismo sistema anterior se eliminan las bombas y la válvula de control se abre al 100%. Cual será el sentido de flujo del sistema y su punto de operación.

REFERENCION ESQUEMATICA	CARACTERISTICAS		
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 (TA-2</p> 	SECCION	1	2
	DESDE	TA-1	VA-1
	HASTA	VA-1	TA-2
	Flujo lb/yr	13,759.80	13,759.80
	Temp. °F	100.000	100.000
	VISC. cP	0.660	0.660
	DENS. lb/ft ³	61.862	61.862
INFORMACION ADICIONAL	LONG. ft	20.000	60.000
VALVULA DE CONTROL: VALVULA DE COMPUERTA 1 DE DISCO 100% ABIERTA L/D = 13 CODOS: CODO 1 L/D = 30 90° NORMAL	CEDULA	CEDULA 40	CEDULA 40
DATOS DE TANQUES	DI	1.610	1.610
Z1= 15.0ft P1= 14.7psia Z2= 25.0ft P2= 14.7psia	T.NOM. in	1 ½	1 ½
	L.EDU. ft	89.230	108.300
	dP TOT. psi	1.941	2.355
	dP/100	2.179	2.179

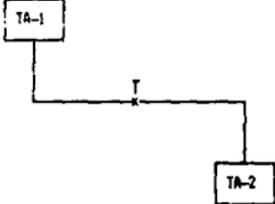
EJEMPLO 5

Se cierra la válvula un 50%. Cuál es el nuevo punto de operación.

REPRESENTACION ESQUEMATICA	CARACTERISTICAS			
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 ← TA-2</p> 	SECCION	1	2	
	DESDE	TA-1	VA-1	
	HASTA	VA-1	TA-2	
	Flujo lb/hr	8,968.31	8,968.31	
	Temp. °F	100.000	100.000	
	VISC. cP	0.660	0.660	
	DENS. lb/ft ³	61.062	61.062	
INFORMACION ADICIONAL	LONG. ft	20.000	60.000	
<p>VALVULA DE CONTROL: VALVULA DE COMPUERTA J DE DISCO 50% ABIERTA L/D = 160 CUBOS: CODO I L/D = 30 90° NORMAL</p> <p>DATOS DE TANQUES Z1= 15.0ft P1= 14.7psia Z2= 25.0ft P2= 14.7psia</p>	CECULA	CECULA 40	CECULA 40	
	DZ	in	1.610	1.610
	T. NOM.	in	1 1/2	1 1/2
	L. ECU.	ft	325.900	108.300
	dP TOT. psi		3.224	1.871
	dP/100		0.991	0.991

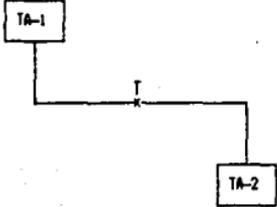
EJEMPLO 6

Utilizando los datos anteriores pero modificando el diámetro de la tubería de 1 1/2 pulgadas a 1/2, con la misma abertura de válvula, localizar el punto de operación realizando los cálculos mediante datos obtenidos de gráfica.

REPRESENTACION ESQUEMATICA	CARACTERISTICAS		
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 ← TA-2</p> 	SECCION	1	2
	DESDE	TA-1	VA-1
	HASTA	VA-1	TA-2
	Flujo lb/hr	1,006.68	1,006.68
	Temp. °F	100.000	100.000
	VISC. cP	0.660	0.660
	DENS. lb/ft ³	61.062	61.062
INFORMACION ADICIONAL	LONG. ft	20.000	60.000
<p>VALVULA DE CONTROL: VALVULA DE COMPUERTA 3 DE DISCO 50% ABIERTA L/D = 160 COROS: CORO 1 L/D = 30 90° NORMAL</p>	CEMULA	CEMULA 40	CEMULA 48
	DI in	0.622	0.622
<p>DATOS DE TANQUES Z1= 15.0ft P1= 14.7psia Z2= 25.0ft P2= 14.7psia</p>	T.NOM. in	1/2	1/2
	L.EBL. ft	130.100	70.660
	dP TOT. psi	2.737	1.990
	dP/100	1.904	1.904

EJEMPLO 7

Recalcular el punto de operación mediante el uso de la correlación propuesta. Cual es la relación que guarda el resultado de gasto obtenido mediante correlación con el obtenido mediante gráfica. Comparar esta relación con la obtenida en el ejemplo 1.

REPRESENTACION ESQUEMATICA	CARACTERISTICAS		
<p>DIRECCION DE FLUJO TA-1 ← TA-2</p> 	SECCION	1	2
	DESDE	TA-1	VA-1
	HASTA	VA-1	TA-2
	Flujo lb/hr	1,071.70	1,071.70
	Temp. °F	100.000	100.000
	VISC. cP	0.660	0.660
	DENS. lb/ft ³	61.862	61.862
	LONG. ft	20.000	60.000
INFORMACION ADICIONAL	CECULA	CECULA 40	CECULA 40
VALVULA DE CONTROL: VALVULA DE COMPUERTA 3 DE DISCO 50% ABIERTA L/D = 160 CODOS: CODO 1 L/D = 30 90° NORMAL	DI	in 0.622	0.622
	T.NOM.	in 1/2	1/2
DATOS DE TANQUES Z1 = 15.0ft P1 = 14.7psia Z2 = 25.0ft P2 = 14.7psia	L.EQU.	ft 138.180	78.660
	ΔP TOT.	psi 2.737	1.538
	ΔP/100	1.984	1.984

5.0 CONCLUSIONES

PRIMERA - En muchas ocasiones el realizar muchos cálculos repetitivos para visualizar la operación de un sistema de flujo de fluidos hace que se pierda el objetivo de comprensión del problema. Es por esto que el uso de las computadoras auxilia en gran medida el trabajo a realizar. Con el rápido manejo de bases de datos y operaciones se puede resumir el trabajo de varias horas en algunos minutos.

SEGUNDA - La computadora solo realiza las actividades que uno le asigna, un error generalmente no es de la máquina sino de quien la ha programado o la utiliza. La máquina hasta cierto punto aprende de uno mismo por lo que, si queremos que nos proporcione información y resultados adecuados se debe aprender el tema a desarrollar antes de utilizarla para que así el resultado que obtengamos de ella sea congruente.

TERCERA - El contar con un programa como el presentado aquí no pretende reducir el trabajo académico sino por el contrario, al contar con mas tiempo se pueden abarcar mas temas dentro del aula y contar con mas tiempo fuera de esta para el estudio y comprensión de estos temas.

CUARTA - Con el desarrollo actual de las computadoras personales que día con día van siendo más rápidos, compactos y económicos, no se debe desperdiciar su uso e ignorar sus

ventajas. Sabiendo manejarlas se les puede sacar mucho provecho. Todavía a mi me ha tocado ver gentes que no permiten el uso de la computadora y se niegan a aceptar que van formando parte de lo cotidiano. Lo único que puedo decir al respecto es que la computadora es un medio y no un fin, sabiendo manejarla y estando preparado se pueden realizar muchas actividades que actualmente se limitan por tiempo o espacio.

APENDICE I

Tubería Cédula 10

Tamaño Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro Interno	Interno	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna	
					Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	pulg.²	pies²
14	14.000	0.250	13.500	1.125	182	2,460	33,215	446,463	143.139	0.994
16	16.000	0.250	15.500	1.252	244	3,724	57,720	894,661	186.692	1.311
18	18.000	0.250	17.500	1.438	306	5,359	93,789	1,641,369	244.529	1.678
20	20.000	0.250	19.500	1.625	368	7,415	144,390	2,819,586	296.648	2.074
24	24.000	0.250	23.500	1.938	552	12,978	304,900	7,167,931	433.737	3.012
30	30.000	0.312	29.378	2.448	863	25,334	744,873	121,853,436	677.484	4.705

Tubería Cédula 20

Tamaño Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro Interno	Interno	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna	
					Ø2	Ø3	Ø4	Ø5	pulg.²	pies²
18	8.625	0.250	8.125	0.677	66	536	4,358	35,489	51.849	0.364
10	10.750	0.250	10.250	0.854	105	1,077	11,038	113,141	82.516	0.573
12	12.750	0.250	12.250	1.021	150	1,838	22,519	275,825	117.859	0.818
14	14.000	0.312	13.376	1.115	179	2,393	32,011	428,185	146.522	0.976
16	16.000	0.312	15.376	1.281	236	3,635	55,895	859,443	185.685	1.289
18	18.000	0.312	17.376	1.448	302	5,246	91,159	1,380,978	237.132	1.647
20	20.000	0.375	19.250	1.644	371	7,133	137,317	2,643,344	291.640	2.021
24	24.000	0.375	23.250	1.938	541	12,368	292,208	6,793,822	424.358	2.948
30	30.000	0.500	29.000	2.417	841	24,389	787,281	128,511,149	668.321	4.587

Tubería Cédula 30

Tamaño Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro Interno	Funciones del diámetro interno	Área transversal					
					interna	externa				
pulgadas	pulgadas	pulgadas	pulgadas	pies	d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²
8	8.625	0.277	8.071	0.673	65	526	4,243	34,248	51.162	0.335
10	10.750	0.307	10.136	0.845	103	1,041	10,555	106,987	80.691	0.560
12	12.750	0.330	12.090	1.008	146	1,767	21,365	258,304	114.800	0.797
14	14.000	0.375	13.250	1.104	176	2,326	30,822	408,394	137,867	0.958
16	16.000	0.375	15.250	1.271	233	3,547	54,085	824,801	182,655	1.268
18	18.000	0.438	17.124	1.427	293	5,021	85,965	1,472,401	230,304	1.599
20	20.000	0.500	19.000	1.583	361	6,859	138,321	2,476,099	283,529	1.969
24	24.000	0.562	22.876	1.906	523	11,971	273,855	6,264,702	411,809	2.854
30	30.000	0.625	28.700	2.392	824	23,640	678,465	19,471,952	646,926	4.493

 Tubería Cálcula 40

Tamaño Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro Interno	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna		
				pies	d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²
1/8	0.405	0.068	0.269	0.022	0.0724	0.0195	0.0052	0.0014	0.057	0.008
1/4	0.540	0.088	0.364	0.030	0.1325	0.0482	0.0176	0.0064	0.104	0.001
3/8	0.675	0.091	0.493	0.041	0.2430	0.1198	0.0591	0.0291	0.191	0.001
1/2	0.840	0.109	0.622	0.052	0.3869	0.2406	0.1497	0.0931	0.304	0.002
3/4	1.050	0.113	0.824	0.069	0.6790	0.3595	0.4610	0.3799	0.533	0.004
1	1.315	0.133	1.049	0.087	1.1004	1.1543	1.2109	1.2702	0.864	0.006
1 1/8	1.560	0.140	1.380	0.115	1.9044	2.6281	3.6267	5.0049	1.496	0.010
1 1/4	1.900	0.145	1.610	0.134	2.592	4.173	6.719	10.818	2.836	0.014
1 1/2	2.375	0.154	2.067	0.172	4.272	8.831	18.254	37.731	3.356	0.023
1 3/4	2.875	0.203	2.469	0.206	6.096	15.051	37.161	91.750	4.788	0.033
2	3.500	0.216	3.068	0.256	9.41	28.08	88.60	271.82	7.393	0.051
2 1/4	4.000	0.226	3.548	0.296	12.59	44.66	158.47	362.24	9.887	0.069
2 1/2	4.500	0.237	4.026	0.336	16.2	65.3	262.7	1,057.7	12.730	0.088
3	5.563	0.258	5.047	0.421	25.5	128.6	648.8	3,274.7	20.886	0.139
3 1/2	6.625	0.280	6.065	0.505	36.8	223.1	1,353.1	8,206.4	28.890	0.201
4	8.625	0.322	7.981	0.663	64	588	4,857	32,381	58.827	0.347
4 1/2	10.750	0.365	10.028	0.835	109	1,006	18,088	101,884	78.854	0.548
5	12.750	0.406	11.938	0.995	143	1,701	28,311	242,478	111.932	0.777

Tubería Cédula 60

Tamaño Nominal pulgadas	Diámetro Externo pulgadas	Espesor pulgadas	Diámetro Interno pulgadas	pies	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna	
					d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²
8	8.625	0.406	7.813	0.651	61	477	3,726	29,113	47.943	0.333
10	10.750	0.500	9.750	0.813	95	927	9,037	68,110	74.662	0.518
12	12.750	0.562	11.626	0.969	135	1,571	18,269	212,399	106.158	0.737
14	14.000	0.593	12.814	1.068	164	2,104	26,961	345,481	128.962	0.896
16	16.000	0.656	14.688	1.224	216	3,169	46,543	683,618	169.440	1.177
18	18.000	0.750	16.500	1.375	272	4,492	74,120	1,222,981	213.825	1.485
20	20.000	0.812	18.376	1.531	338	6,205	114,026	2,095,342	265.212	1.842
24	24.000	0.968	22.060	1.838	487	10,735	236,822	5,224,293	382.210	2.654

Tubería Cédula 80

Tamaño Nominal Pulgadas	Diámetro Externo Pulgadas	Espesor Pulgadas	Diámetro Interno Pulgadas	Interno pies	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna	
					d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²
1/8	0.405	0.095	0.215	0.018	0.0462	0.0099	0.0021	0.0005	0.936	0.000
1/4	0.540	0.119	0.302	0.025	0.0912	0.0275	0.0083	0.0025	0.872	0.000
3/8	0.675	0.126	0.423	0.035	0.1769	0.0757	0.0320	0.0135	0.141	0.001
1/2	0.840	0.147	0.546	0.046	0.2981	0.1628	0.0889	0.0485	0.234	0.002
3/4	1.050	0.154	0.742	0.062	0.5506	0.4085	0.3031	0.2249	0.432	0.003
1	1.315	0.179	0.957	0.080	0.9150	0.8765	0.8080	0.8027	0.719	0.005
1 1/4	1.660	0.191	1.278	0.107	1.6333	2.0873	2.6676	3.4892	1.283	0.009
1 1/2	1.900	0.200	1.500	0.125	2.2500	3.3750	5.0625	7.5938	1.767	0.012
2	2.375	0.210	1.929	0.161	3.721	7.178	13.846	26.709	2.923	0.020
2 1/2	2.875	0.276	2.323	0.194	5.396	12.536	29.120	67.647	4.238	0.029
3	3.500	0.300	2.900	0.242	8.41	24.39	70.73	205.11	6.645	0.046
3 1/2	4.000	0.318	3.364	0.280	11.32	38.07	128.06	430.80	8.888	0.062
4	4.500	0.337	3.826	0.319	14.64	56.01	214.28	819.83	11.497	0.080
5	5.563	0.375	4.813	0.401	23.2	111.5	536.6	2,582.7	18.194	0.126
6	6.625	0.432	5.761	0.480	33.2	191.2	1,101.5	6,345.8	26.067	0.181
8	8.625	0.500	7.625	0.635	50	443	3,380	25,775	45.664	0.317
10	10.750	0.593	9.564	0.797	91	875	8,367	80,020	71.841	0.499
12	12.750	0.687	11.376	0.940	129	1,472	16,740	190,523	101.641	0.706
14	14.000	0.750	12.500	1.042	136	1,953	24,414	305,176	122.719	0.852
16	16.000	0.843	14.314	1.193	205	2,933	41,980	608,984	168.921	1.118
18	18.000	0.937	16.126	1.344	264	4,194	67,625	1,090,519	204.242	1.418
20	20.000	1.031	17.938	1.495	322	5,772	103,537	1,857,249	252.720	1.735
24	24.000	1.218	21.564	1.797	465	10,027	216,231	4,662,798	365.216	2.536

Tubería Cédula 108

Tamaño Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro Interno	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna		
				d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²	
8	8.625	0.593	7.439	0.620	55	412	3,062	22,781	43.463	0.302
10	10.750	0.718	9.314	0.776	87	808	7,526	70,094	68.134	0.473
12	12.750	0.843	11.064	0.922	122	1,354	14,965	165,791	96.142	0.668
14	14.000	0.937	12.126	1.011	147	1,783	21,621	262,173	115.485	0.802
16	16.000	1.031	13.938	1.162	194	2,708	37,740	526,020	152.578	1.060
18	18.000	1.156	15.688	1.307	246	3,861	60,572	950,250	193.297	1.342
20	20.000	1.281	17.438	1.453	304	5,303	92,467	1,612,439	238.827	1.659
24	24.000	1.531	20.930	1.744	438	9,169	191,901	4,016,485	344.056	2.389

Tubería Cédula 120

Tamaño Nominal	Diámetro Externo	Espesor	Diámetro Interno	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna		
				d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²	
4	4.500	0.438	3.624	0.302	13	48	172	625	10.315	0.072
5	5.563	0.500	4.563	0.380	21	95	434	1,978	16.353	0.114
6	6.625	0.562	5.501	0.458	30	166	916	5,037	23.767	0.165
8	8.625	0.718	7.189	0.599	52	372	2,671	19,202	40.591	0.282
10	10.750	0.843	9.064	0.753	82	745	6,750	61,179	64.525	0.448
12	12.750	1.000	10.750	0.896	116	1,242	13,355	143,563	90.763	0.630
14	14.000	1.093	11.814	0.985	140	1,649	19,480	230,136	109.619	0.761
16	16.000	1.218	13.564	1.130	184	2,496	33,849	459,133	144.500	1.003
18	18.000	1.375	15.250	1.271	233	3,547	54,085	824,801	182.655	1.268
20	20.000	1.500	17.000	1.417	289	4,913	83,521	1,419,857	226.981	1.576
24	24.000	1.812	20.376	1.698	415	8,460	172,376	3,512,325	326.083	2.264

Tubería Cédula 140

Tamaño Nominal pulgadas	Diámetro Externo pulgadas	Espesor pulgadas	Diámetro Interno pulgadas	Interno pies	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna	
					d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²
8	8.625	0.812	7.001	0.583	49	343	2,402	16,819	36.496	0.267
10	10.750	1.000	8.750	0.729	77	670	5,862	51,291	60.132	0.418
12	12.750	1.125	10.500	0.875	110	1,158	12,135	127,620	86.590	0.601
14	14.000	1.250	11.500	0.958	132	1,521	17,490	201,136	103.069	0.721
16	16.000	1.438	13.124	1.094	172	2,260	29,666	309,342	135.277	0.939
18	18.000	1.526	14.876	1.240	221	3,292	48,972	720,502	173.805	1.207
20	20.000	1.750	16.500	1.375	272	4,492	74,120	1,222,981	213.825	1.485
24	24.000	2.062	19.876	1.656	395	7,852	156,069	3,102,822	310.276	2.135

Tubería Cédula 160

Tamaño Nominal pulgadas	Diámetro Externo pulgadas	Espesor pulgadas	Diámetro Interno pulgadas	Interno pies	Funciones del diámetro interno				Área transversal interna	
					d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	pulg. ²	pies ²
1/2	0.840	0.187	0.466	0.839	0.2172	0.1812	0.6472	0.0228	0.171	0.001
3/4	1.050	0.218	0.614	0.651	0.3778	0.2315	0.1421	0.0073	0.296	0.002
1	1.315	0.250	0.815	0.868	0.6642	0.5413	0.4412	0.3396	0.522	0.004
1 1/8	1.668	0.258	1.160	0.897	1.3456	1.5689	1.8186	2.1883	1.057	0.007
1 1/2	1.980	0.281	1.338	0.112	1.7982	2.3953	3.2958	4.2883	1.466	0.010
2	2.375	0.343	1.689	0.141	2.853	4.818	8.138	13.745	2.241	0.016
2 1/2	2.875	0.375	2.125	0.177	4.516	9.996	20.391	43.331	3.547	0.025
3	3.500	0.438	2.624	0.219	6.89	18.87	47.41	124.48	5.488	0.038
4	4.500	0.531	3.438	0.287	11.82	40.64	139.71	480.32	9.283	0.064
5	5.563	0.625	4.313	0.359	18.6	80.2	346.8	1,492.4	14.618	0.101
6	6.625	0.718	5.189	0.432	28.9	139.7	725.8	3,762.8	21.147	0.147
8	8.625	0.906	6.813	0.568	46	316	2,135	14,679	36.436	0.253
10	10.750	1.125	8.508	0.788	72	614	5,220	44,371	56.745	0.394
12	12.750	1.312	10.126	0.944	103	1,038	18,514	186,461	88,532	0.559
14	14.800	1.486	11.188	0.932	125	1,488	15,668	175,292	98,318	0.683
16	16.800	1.593	12.814	1.068	164	2,184	26,961	345,481	128,962	0.896
18	18.800	1.781	14.438	1.283	208	3,818	43,454	627,387	163,721	1.137
20	20.800	1.968	16.064	1.379	258	4,145	66,591	1,069,716	282,674	1.487
24	24.800	2.343	19.314	1.618	373	7,285	139,152	2,687,578	292,978	2.035

APENDICE II

Datos utilizados de Nrey, factor de fricción y diámetro interno (pulg.)

Nrey\di	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.75	1	2	36
2000	0.053	0.052	0.051	0.051	0.051	0.051	0.049	0.049	0.048
3000	0.050	0.048	0.048	0.047	0.046	0.046	0.045	0.044	0.043
4000	0.048	0.046	0.045	0.044	0.044	0.042	0.041	0.040	0.040
5000	0.046	0.044	0.043	0.042	0.042	0.040	0.039	0.038	0.037
6000	0.045	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.036	0.035
8000	0.043	0.041	0.040	0.039	0.038	0.036	0.035	0.034	0.032
10000	0.042	0.040	0.038	0.037	0.036	0.035	0.034	0.032	0.030
20000	0.039	0.037	0.036	0.034	0.033	0.031	0.030	0.028	0.026
30000	0.038	0.036	0.034	0.033	0.031	0.030	0.028	0.026	0.024
40000	0.038	0.036	0.034	0.032	0.030	0.028	0.027	0.025	0.022
50000	0.037	0.035	0.033	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.021
60000	0.037	0.035	0.033	0.031	0.029	0.027	0.026	0.024	0.020
80000	0.037	0.034	0.033	0.031	0.029	0.026	0.025	0.022	0.019
100000	0.037	0.034	0.033	0.030	0.028	0.026	0.025	0.022	0.018
200000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.025	0.024	0.021	0.016
300000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.025	0.023	0.020	0.015
400000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.025	0.023	0.020	0.014
500000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.025	0.023	0.020	0.014
600000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.020	0.014
800000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.013
1000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.013
2000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.012
3000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.011
4000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.011
5000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.011
6000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.011
8000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.011
10000000	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028	0.024	0.023	0.019	0.011

APENDICE III

```

DECLARE SUB ACCES (TIPTEH$, COMENTH$, LDH, tipVAL$, COMENTV$,
ldv, TIPCOD$, COMENTC$, LDC, LDT, id(), coment$( ), acc$( ),
monitor$)
DECLARE SUB TUBOS (ACC1$, TN1$, del, dil, es1, drive$,
monitor$)
DIM op$(13), SA(3), SB(3), tip$(4), acc$(27), coment$(27),
id(27), DZ(3), DY(3)
ETUB:
CALL TUBOS(ACC1$, TN1$, del, dil, es1, drive$, monitor$)
TUBOSQ$ = "SI": WOP = 0: HOP = 0
GOSUB pantmenpy
GOTO prime
EACC:
CALL ACCES(TIPTEH$, COMENTH$, LDH, tipVAL$, COMENTV$, ldv,
TIPCOD$, COMENTC$, LDC, LDT, id(), coment$( ), acc$( ),
monitor$)
accesorios$ = "SI": WOP = 0: HOP = 0
GOSUB pantmenpy
GOTO prime
ELTU:
WOP = 0: HOP = 0
LONGITUD$ = "NO"
IF monitor$ = "COLOR" THEN PCOPY 0, 1
COLOR 15, 1
db:
IF b1$ = "" THEN GOTO prime
IF monitor$ = "COLOR" THEN PCOPY 0, 1
IF PROP$ = "NO" OR VAL(DEN1$) = 0 OR VAL(den2$) = 0 THEN
NOMB$ = "PROPIEADADES": GOTO ERRASTE
DEN1 = VAL(DEN1$): den2 = VAL(den2$)
OPEN drive$ + "bomba.dat" FOR OUTPUT AS #1
WRITE #1, b1$, bomi$, DEN1, vri
FOR i = 0 TO 3: WRITE #1, SA(i), SB(i): NEXT
FOR i = 0 TO 3: WRITE #1, DY(i), DZ(i): NEXT
FOR i = 0 TO 3: WRITE #1, tip$(i): NEXT
CLOSE #1
SHELL "bombas"
OPEN drive$ + "bomba1.dat" FOR INPUT AS #1
INPUT #1, bomi$, vri
FOR i = 0 TO 3: INPUT #1, SA(i), SB(i): NEXT
FOR i = 0 TO 3: INPUT #1, DY(i), DZ(i): NEXT
FOR i = 0 TO 3: INPUT #1, tip$(i): NEXT: CLOSE
WOP = 0: HOP = 0
COLOR 7, 0
GOSUB pantmenpy
GOTO prime
RC:
WOP = 0: HOP = 0
GOSUB ERRAMOS
Z1 = VAL(Z1$): Z2 = VAL(Z2$): P1 = VAL(P1$): P2 = VAL(P2$):
DEN1 = VAL(DEN1$): den2 = VAL(den2$): vis1 = VAL(vis1$): vis2

```

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

```
= VAL(vi12#): L1 = VAL(L1#): L2 = VAL(L2#): TEM1 =  
VAL(TEM1#): TEM2 = VAL(TEM2#)  
IF cambia# = "SI" AND NT = 0 THEN NOMB# = "VARIABLES/CALCULO  
": GOTO ERRASTE  
IF cambia# = "SI" AND NP = 0 THEN NOMB# = "VARIABLES/CALCULO  
": GOTO ERRASTE  
IF DEN1 = 0 OR den2 = 0 OR vi1 = 0 OR vi2 = 0 OR L1 = 0 OR  
L2 = 0 THEN NOMB# = "VARIABLES/CALCULO ": GOTO ERRASTE  
h1 = Z1 + 144 * P1 / DEN1: h2 = Z2 + 144 * P2 / den2  
IF ABS(h2 - h1) < .2 AND b1# = "" THEN GOTO ERRESTAE  
IF b1# = "UNA BOMBA" " AND h2 - h1 >=  
SA(0) THEN GOTO ERRESTAE1  
IF b1# = "2 BOMBAS EN SERIE (A=B)" " AND h2 - h1 >=  
SA(0) + SA(1) THEN GOTO ERRESTAE1  
IF b1# = "2 BOMBAS EN SERIE (A<>B)" " AND h2 - h1 >=  
SA(0) + SA(1) THEN GOTO ERRESTAE1  
IF b1# = "UNA BOMBA" " THEN GOTO  
CONTITI  
IF b1# = "2 BOMBAS EN SERIE (A=B)" " THEN GOTO  
CONTITI  
IF b1# = "2 BOMBAS EN SERIE (A<>B)" " THEN GOTO  
CONTITI  
MINI = DY(0)  
IF b1# <> "" AND h2 - h1 >= MINI THEN GOTO ERRESTAE1  
CONTITI:  
IF b1# <> "" THEN IE1 = LDH * di1 + L1 + ldv * di1 + LDC *  
di1: IE2 = L2 + LDC * di1 ELSE IE1 = L1 + ldv * di1 + LDC *  
di1: IE2 = L2 + LDC * di1  
IF b1# = "" THEN  
OPEN drive# + "sistema.dat" FOR OUTPUT AS #1  
WRITE #1, h1, h2, IE1, IE2, di1, DEN1, den2, LT, NP, NT  
WRITE #1, vi1, vi2, cambia#, COMO#, WOP, HOP, fop1, fop2  
CLOSE  
SHELL "grafico"  
OPEN drive# + "sistem1.dat" FOR INPUT AS #1: INPUT #1, WOP,  
HOP, fop1, fop2, CPI, errata#: CLOSE  
IF errata# = "NO" AND cambia# = "SI" THEN GOTO ERRESTAE2  
IF errata# = "NO" THEN GOTO ERRESTAE22  
GOTO inicioy  
END IF  
IF b1# <> "" THEN  
OPEN drive# + "bombas.dat" FOR OUTPUT AS #1  
WRITE #1, h1, h2, IE1, IE2, di1, DEN1, den2, vi1, vi2,  
cambia#, b1#  
WRITE #1, WOP, HOP, fop1, fop2, TN1#, COMO#, LT, NP, NT  
FOR i = 0 TO 3: WRITE #1, SA(i), SB(i): NEXT  
CLOSE  
SHELL "grafico1"  
OPEN drive# + "sistem1.dat" FOR INPUT AS #1  
INPUT #1, WOP, HOP, fop1, fop2, CPI, errata#  
CLOSE
```

```

IF errata$ = "NO" AND cambia$ = "SI" THEN GOTO ERRESTAE2
IF errata$ = "NO" THEN GOTO ERRESTAE22
GOTO inicioy
END IF
1MPRE:
IF monitor$ = "COLOR" THEN PCOPY 0, 1
IF WOP = 0 THEN NOMB$ = "CALCULOS"           "; GOTO ERRASTE
GOSUB ERRAMOS
OPEN drive$ + "imprime.dat" FOR OUTPUT AS #1
WRITE #1, b1$, vri, TIPTEH$, COMENTH$, LDH, tipVAL$,
COMENTV$, ldv, TIPCOD$, COMENTC$
WRITE #1, LDC, LDT, dil, DEN1, den2, vis1, vis2, CPI, WOP,
HOP, fop1, fop2, ACC1$, TN1$
WRITE #1, del, tin, TEM1, TEM2, L1, L2, CAMB$, sis$, Z1, Z2,
P1, P2, h2, h1
FOR i = 0 TO 3: WRITE #1, SA(i), SB(i): NEXT
CLOSE #1
SHELL "imprimir"
IF monitor$ = "COLOR" THEN PCOPY 1, 0
IF monitor$ = "MONO" THEN GOSUB pantmenpy
GOTO prime
SALIR:
KILL drive$ + "*,*"
CLS
PRINT "Simulador de flujo de fluidos Ver.1.1"
PRINT "Facultad de Quimica"
PRINT "U.N.A.M. 1991"
a$ = INPUT$(1)
END

```

```

SUB ACCES (TIPTEH$, COMENTH$, LDH, tipVAL$, COMENTV$, ldv,
TIPCOD$, COMENTC$, LDC, LDT, id(), coment$( ), acc$( ),
monitors)
DIM orp$(9)
ini = 1: fin = 3: r = 0
NIVEL = 1
INICIO:
IF monitor$ = "MONO" THEN GOSUB mentira
GOSUB PANTMENP
renglon% = 1: LOCATE 2, 31: COLOR 1, 15: PRINT acc$(ini)
COLOR 15, 1
FOR i = ini + 1 TO fin: LOCATE , 31: PRINT acc$(i): NEXT i
renglon% = 1: GOSUB enti: GOTO ELECC1
enti:
IF coment$(renglon% + r) <> "
" THEN COLOR 15, 1: LOCATE 23, 29: PRINT
"-----"; LOCATE 24, 29: PRINT " |
|"; LOCATE 25, 29: PRINT
"-----"; : COLOR 1, 15: LOCATE
24, 30: PRINT coment$(renglon% + r); : COLOR 15, 1

```



```

IF NIVEL = 1 THEN IF renglon% = 3 THEN NIVEL = 4: GOTO
CAMBIONIVEL
IF NIVEL = 2 THEN tipVAL$ = acc$(renglon% + r): COMENTV$ =
coment$(renglon% + r): ldv = id(renglon% + r): NIVEL = 1:
GOTO CAMBIONIVEL
IF NIVEL = 3 THEN TIPCOD$ = acc$(renglon% + r): COMENTC$ =
coment$(renglon% + r): LDC = id(renglon% + r): NIVEL = 1:
GOTO CAMBIONIVEL
IF NIVEL = 4 THEN TIPTEH$ = acc$(renglon% + r): COMENTH$ =
coment$(renglon% + r): LDH = id(renglon% + r): NIVEL = 1:
GOTO CAMBIONIVEL
PANTMENP:
COLOR 15, 1
LOCATE 1, 30: PRINT "-----"
FOR i = ini TO fin
LOCATE , 29: PRINT " | "
NEXT
LOCATE , 29: PRINT " |-----"
LOCATE , 29: PRINT " |XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
LOCATE 1, 2: PRINT " |-----"
LOCATE 2, 1: PRINT " | SELECCIONE MOVIENDOSE "
LOCATE 3, 1: PRINT " | CON LAS TECLAS "; CHR$(24); " 0 ";
CHR$(25); " "
LOCATE 4, 1: PRINT " | DEL CURSOR Y LUEGO "; CHR$(17);
CHR$(188); " "
LOCATE 5, 1: PRINT " |-----"
LOCATE 6, 1: PRINT " |XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
RETURN
CAMBIONIVEL:
IF NIVEL = 1 THEN ini = 1: fin = 3: r = 0: IF monitor$ =
"COLOR" THEN PCOPY 1, 0
IF NIVEL = 2 THEN ini = 4: fin = 16: r = 3: IF monitor$ =
"COLOR" THEN PCOPY 0, 1
IF NIVEL = 3 THEN ini = 17: fin = 22: r = 16: IF monitor$ =
"COLOR" THEN PCOPY 0, 1
IF NIVEL = 4 THEN ini = 23: fin = 27: r = 22: IF monitor$ =
"COLOR" THEN PCOPY 0, 1
GOTO INICIO
FINAL:
COLOR 7, 0
END SUB

SUB TUBDS (ACC1$, TN1$, del, d11, es1, drive$, monitor$)
COLOR 15, 1
DIM acc$(10), coment$(10), tns$(23), tnn(23), DE(23), es(23),
DI(23), op$(10)
TRETA:
inicio16:
VARIABLE = 1
ini = 1: fin = 10: r = 0
NIVEL = 2

```

```

OPEN drive# + "TUBERIA.dat" FOR INPUT AS #1
FOR i = 1 TO 10: INPUT #1, acc$(i), coment$(i): NEXT
CLOSE #1
iniciol:
GOSUB PANTMENP1
renglon% = 1: LOCATE 2, 64: COLOR 1, 15: PRINT acc$(ini)
COLOR 15, 1
FOR i = ini + 1 TO fin: LOCATE , 64: PRINT acc$(i): NEXT i
renglon% = 1: GOSUB ent11: GOTO ELECC11
ent11:
LOCATE 1, 2: PRINT
"-----"
LOCATE 2, 1: PRINT "||" OPCIONES SELECCIONADAS
"
FOR i = 1 TO 2: PRINT "||"
"
NEXT
LOCATE 3, 3: PRINT "Tramo Cédula T.Nominal D.Ext.
Espesor D.Interno"
LOCATE 4, 3: PRINT USING " # & &
###.### #.### "; i; ACCI%; TNI%; del; es1; di1
LOCATE 5, 1: PRINT
"-----"
LOCATE 6, 1: PRINT
"#####"
r% = "": WHILE r% = "": r% = INKEY$: WEND: IF r% = CHR$(13)
THEN RETURN ELSE a% = MID$(r%, 2)
IF r% = "8" OR a% = "H" THEN GOTO ent21
IF r% = "2" OR a% = "P" THEN GOTO ent31
IF r% = CHR$(27) GOTO FINAL1
SOUND 500, .2: SOUND 1000, 1: GOTO ent11
ent21:
IF renglon% = ini - r THEN GOTO ent41
LOCATE 1 + renglon%, 64: COLOR 15, 1: PRINT acc$(renglon% +
r): COLOR 1, 15: renglon% = renglon% - 1: LOCATE 1 +
renglon%, 64: PRINT acc$(renglon% + r): COLOR 15, 1: GOTO
ent11
ent31:
IF renglon% = fin - r THEN GOTO ent51
LOCATE 1 + renglon%, 64: COLOR 15, 1: PRINT acc$(renglon% +
r): COLOR 1, 15: renglon% = renglon% + 1: LOCATE 1 +
renglon%, 64: PRINT acc$(renglon% + r): COLOR 15, 1: GOTO
ent11
ent41:
LOCATE 1 + renglon%, 64: COLOR 15, 1: PRINT acc$(renglon% +
r): COLOR 1, 15: renglon% = fin - r: LOCATE 1 + renglon%, 64:
PRINT acc$(renglon% + r): COLOR 15, 1: GOTO ent11
ent51:
LOCATE 1 + renglon%, 64: COLOR 15, 1: PRINT acc$(renglon% +
r): COLOR 1, 15: renglon% = ini - r: LOCATE 1 + renglon%, 64:
PRINT acc$(renglon% + r): COLOR 15, 1: GOTO ent11
ELECC11:

```

BIBLIOGRAFIA

- 1.- FLOW OF FLUIDS THROUGH VALVES, FITTINGS AND PIPE
CRANE CO.
ENGINEERING AND RESEARCH DIVISION
CHICAGO, 1965

- 2.- PERRY'S CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK
SIXTH EDITION
ROBERT H. PERRY
DON GREEN
Mc. GRAW HILL INTERNATIONAL EDITIONS
1988

- 3.- MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS
CLAUDIO MATAIX
HARPER & ROW PUBLISHERS INC.
1970

- 4.- WATER QUALITY AND TREATMENT
A HANDBOOK OF PUBLIC WATER SUPPLIES
Mc. GRAW HILL BOOK COMPANY
TERCERA EDICION, 1971

- 5.- SERIES IN WATER RESOURCES AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING
E.W. STEELS, TERENCE J. Mc.GHEE
1975

6.- HEAT PUMP TECHNOLOGY

HANS LUDWING VON CUBE

EDITORIAL E.G.A., 1981

7.- POWER PLANT PERFORMANCE

A. B. GILL

SITE EFFICIENCY ENGINEER DRAKELOW POWER STATIONS

BUTTERWORTH AND CO. (PUBLISHERS LTD.), 1984

8.- OPTIMUM PIPE SIZE SELECTION

CLAUDE B. NOLTE

GULF PUBLISHING CO. BOOK DIVISION

SEGUNDA EDICION, 1979

9.- PUMP HANDBOOK

KARASSIK, IGOR

MC. GRAW HILL, 1976

10.-IBM/PC MANUAL DEL BASIC

LUIS JOYANES AGUILAR

MC. GRAW-HILL

1988

- 11.-MICROSOFT GW-BASIC, USER'S GUIDE AND USER'S REFERENCE
MICROSOFT CORPORATION
1987

- 12.-LEARNING TO USE MICROSOFT QUICK BASIC
MICROSOFT CORPORATION
1988

- 13.-PROGRAMING IN BASIC
MICROSOFT CORPORATION
1988

- 14.-HP-15C, MANUAL DEL PROPIETARIO Y GUIA PARA LA SOLUCION
DE PROBLEMAS
HEWLETT-PACKARD COMPANY, 1981

- 15.-MICROSOFT MS-DOS, USER'S GUIDE AND USER'S REFERENCE
MICROSOFT CORPORATION
1987

- 16.-THE SYMPHONY BOOK
EDWARD M. BARAS
Mc. GRAW HILL COMPANY
1986

17.-QUICK-BASIC 4.5, GUIA DEL PROGRAMADOR

F.G.Y

MC. GRAW HILL COMPANY, 1990

18.- MICROSOFT PAINT BRUSH, USER'S GUIDE

MICROSOFT CORPORATION

1988

19.- DR. HALO III, USER'S GUIDE AND USER'S REFERENCE

MEDIA CYBERNETICS, INC.

1988