



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ENFOQUE DE LA COMPUTACION EN EL
CALCULO DEL COSTO DE UN
OLEODUCTO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
MARIA ELENA ABSALON OROZCO

MEXICO, D. F

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ENFOQUE DE LA COMPUTACION EN EL CALCULO DEL COSTO DE UN OLEODUCTO

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO II

GENERALIDADES

- 2.A. TIPOS DE FLUIDOS
- 2.B. BOMBAS
- 2.C. TUBERIA
- 2.D. BALANCE DE ENERGIA
- 2.E. CORROSION Y LIMPIEZA
- 2.F. COSTOS
- 2.G. FORTRAN IV

CAPITULO III

BASES DE DISEÑO

- 3.A. INTRODUCCION
- 3.B. CRITERIOS GENERALES
- 3.C. CRITERIOS ESPECIFICOS

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL PROGRAMA

- 4.A. SECUENCIA DE CALCULO
- 4.B. DIAGRAMAS DE FLUJO
- 4.C. CODIFICACION

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

- 5.A. RESULTADOS
- 5.B. CONCLUSIONES

CAPITULO VI

APENDICE

- 6.A. GRAFICA DE PRESION BAROMETRICA
- 6.B. ESPECIFICACIONES GRALES. DE CONSTRUCCION DE TUBERIAS DE COND.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

CAPITULO I

INTRODUCCION

Debido a la gran demanda que tiene el petróleo ó crudo, es considerado como una de las fuentes de energía más importantes

Aún cuando es un recurso no renovable se están construyendo nuevas refinerías en todo el mundo, para poder mantener y cubrir las demandas crecientes del mismo, en la industria y en el transporte.

Para poder hacer llegar el petróleo ó crudo a las refinerías desde el pozo de perforación, se utilizan los siguientes medios para su transporte.

A) .- Terrestre

- 1.-Tubería
- 2.-Pipas ó Carrotanque

B) .- Maritimo

- 1.-Buquestanque
- 2.-Tubería

En el caso de transporte por tuberías, además de ésta se necesitan las bombas ó sistema de bombeo en el caso de líquidos ó sistema de compresión para gases, capaces de adicionarle la energía requerida para su transporte.

Siendo el objetivo de esta tesis, dar las bases para el diseño ó cálculo del costo de un sistema de transporte por medio de la computación.

Otra finalidad es que el alumno tenga en esta tesis una herramienta útil para hacer evaluaciones económicas, así como una guía, en donde encuentre bases y ecuaciones para el mejor entendimiento de los conocimientos incluidos en flujo de fluidos y le despierte el interés para un estudio más completo y profundo de la materia.

GENERALIDADES

CAPITULO II

TIPOS. DE FLUIDOS

El comportamiento de los fluidos es importante en los procesos industriales ya que es esencial su conocimiento, no sólo para el cálculo exacto de los problemas sobre el movimiento de los mismos a través de tuberías y toda clase de equipo, sino también para el estudio del flujo de calor y de operaciones de separación que dependen de la difusión y de la transferencia de masa

Un fluido es una sustancia que estando en equilibrio estático, no puede soportar fuerzas tangenciales o de corte.

Si se intenta variar la forma de una masa de fluido, se produce un deslizamiento de unas capas de fluido sobre otras, hasta que se alcanza una nueva forma. Durante la variación de la forma, se producen esfuerzos cortantes, cuya magnitud depende de la viscosidad del fluido y la velocidad de deslizamiento.

El hecho de que en cada punto de un fluido en movimiento exista un esfuerzo cortante y una variación del mismo, sugiere que estas magnitudes pueden relacionarse. Siendo la reología la que estudia este comportamiento.

La tabla 2.A.I da la clasificación de los fluidos, y a continuación se explica brevemente cada uno.

I. - PURAMENTE VISCOSOS

En ausencia de turbulencia, se clasifican de acuerdo con la naturaleza de su respuesta al esfuerzo cortante. La siguiente ecuación es característica de un fluido a una presión y temperatura dada.

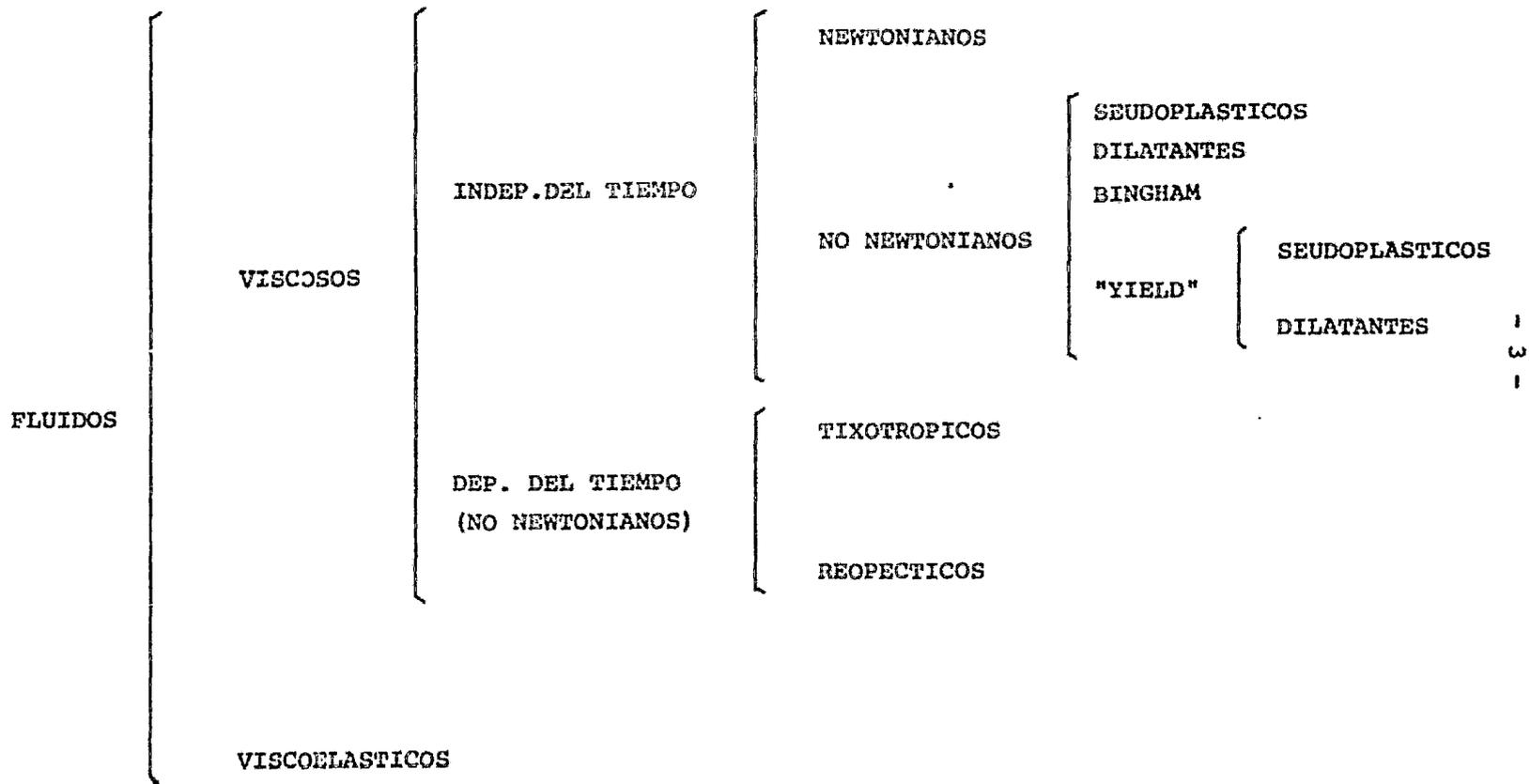
$$\tau_{ygc} = \mu \left(\frac{dv}{dx} \right)$$

Ec. 2.a.1

A) INDEPENDIENTES DEL TIEMPO

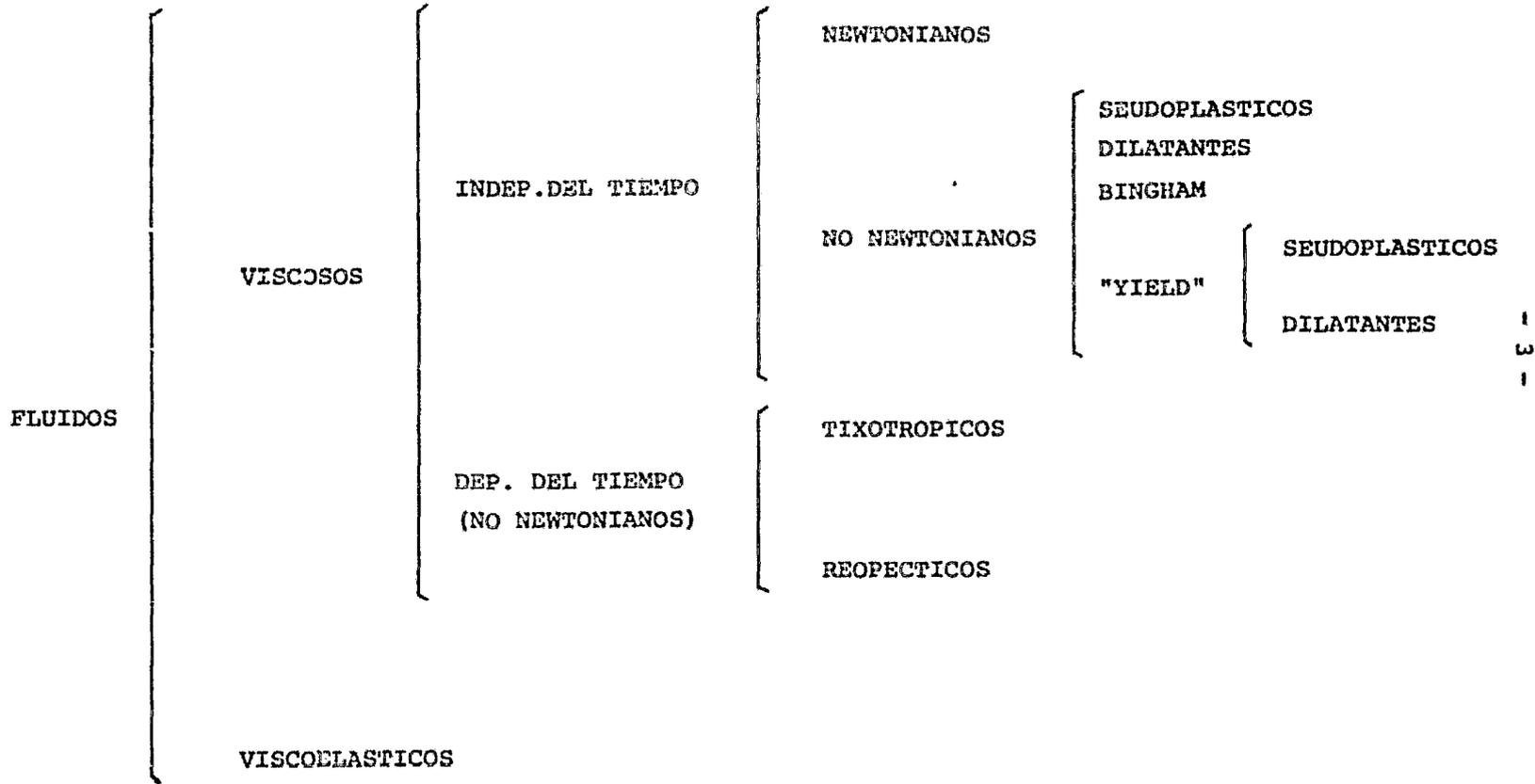
CLASIFICACION DE LOS FLUIDOS

TABLA 2.A.I



CLASIFICACION DE LOS FLUIDOS

TABLA 2.A.I



Que se clasifican a su vez en: (Ver la figura 2.A.1)

1.- Newtonianos

Son llamados así, porque fluyen de una manera tal que el gradiente de velocidad es proporcional al esfuerzo cortante aplicado. (Con la restricción de que el esfuerzo no sea tan grande - que cause turbulencia al fluido). La ecuación que los rige es la siguiente:

$$\tau_y = \frac{\phi}{gc} \left(\frac{dv}{dx} \right) \quad \text{Ec. 2.a.2}$$

2.- No Newtonianos

Se requiere aparte de la viscosidad, uno o más parámetros para describir su comportamiento. Sin embargo es conveniente referirse a una viscosidad aparente de un fluido no newtoniano.

$$\tau_y gc = \frac{\mu_a}{dv/dx} \quad \text{Ec. 2.a.3}$$

La siguiente ecuación es la más usual en los cálculos de ingeniería.

$$\tau_y = \frac{K}{gc} \left(\frac{dv}{dx} \right)^n \quad \text{Ec. 2.a.4}$$

en donde: '

K = Índice de consistencia

n = Índice de la conducta del flujo y es determinada como la pendiente de la gráfica de τ_y contra (dv/dx) en coordenadas logarítmicas.

gc = Factor de conversión, 32.17 lb ft/lbf seg²

$\left(\frac{dv}{dx} \right)$ = Gradiente de velocidad en el punto que se considere

FIGURA 2.A.1

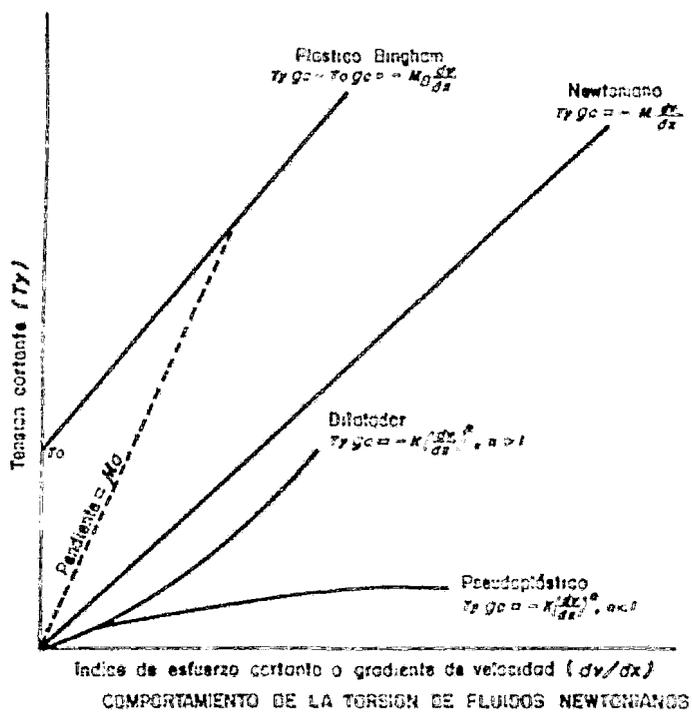
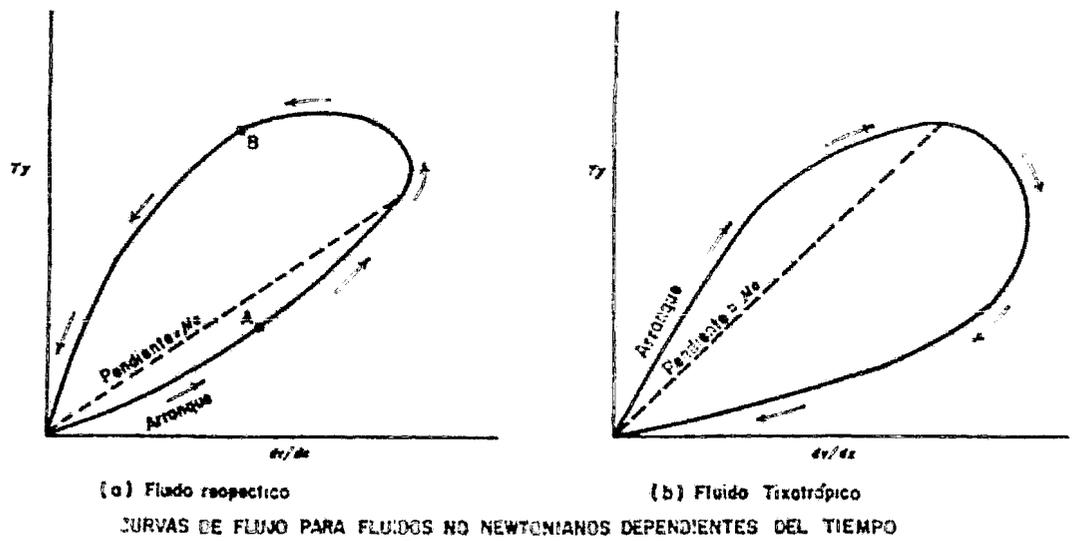


FIGURA 2.A.2



Los no newtonianos a su vez se clasifican en:

2.1.-Seudoplasticos

Necesitan un esfuerzo cortante infinitesimal para iniciar su movimiento y la viscosidad aparente de estos fluidos disminuye cuando aumenta la proporción de tensión. Ejemplos: soluciones de grandes polimeros, la pulpa de papel, la mayonesa, etc., siendo su ecuación representativa.

$$\tau_{ygc} = -K \left(\frac{dv}{dx} \right)^n \quad n < 1 \quad \text{Ec.2.a.5}$$

$$\mu_a = -K \left(\frac{dv}{dx} \right)^{n-1} \quad n < 1 \quad \text{Ec.2.a.6}$$

2.2.-Dilatantes

Necesitan un esfuerzo cortante infinitesimal para iniciar su movimiento, la viscosidad aparente aumenta al aumentar la proporción de tensión. Ejemplos: suspensiones de almidón, de silicato de potasio, de goma arabiga. Siendo su ecuación representativa.

$$\tau_{ygc} = -K \left(\frac{dv}{dx} \right)^n \quad n > 1 \quad \text{Ec.2.a.7}$$

$$\mu_a = -K \left(\frac{dv}{dx} \right)^{n-1} \quad n > 1 \quad \text{Ec.2.a.8}$$

2.3.-De Bingham

Requieren de un esfuerzo cortante finito para iniciar el movimiento, existiendo una relación lineal entre el esfuerzo cortante en exceso del esfuerzo inicial y el gradiente de velocidad resultante. (la tensión inicial tiene que ser excedida antes de que pueda tener lugar el flujo, llamada usualmente Valor de Rendimiento). Ejemplos: son las suspensiones de rocas, arcillas, y grasas de hidrocarburos muy espesos. La siguiente ecuación las define.

$$\tau_{ygc} - \tau_{ogc} = -\mu_s \left(\frac{dv}{dx} \right) \quad \text{Ec.2.a.9}$$

$$\mu_a = \frac{\mu_B (dv/dx) + \zeta_{logc}}{(dv/dx)}$$

Ec.2.a.10

2.4.-Fluïdos Acondicionantes "Yield"

La relación entre el esfuerzo cortante en exceso del esfuerzo inicial y el gradiente de velocidad resultante no es lineal. Se presentan los dos siguientes tipos de relación.

2.4.1.-"yield pseudoplastico".-Presentan la curva convexa al eje del esfuerzo cortante.

2.4.2.-"yield dilatante".-Presentan la curva concava al eje del esfuerzo cortante.

B) DEPENDIENTES DEL TIEMPO

En estos fluidos la variable tiempo complica el análisis, un procedimiento de análisis, es el llamado técnica del rizo en la cual se somete una sustancia a un aumento en la proporción de tensión y después a una disminución en la proporción de tensión, hasta llegar a una proporción cero. Como existe una dependencia del tiempo, y este hace que cambie la viscosidad aparente ya que depende del mismo, las curvas obtenidas tienen diversa forma por lo que no coinciden, Ver la figura 2.A2. Presentándose dos tipos de fluidos.

1.-Tixotrópicos

Muestran una disminución en su viscosidad aparente con respecto al tiempo que se aplique el esfuerzo. El comportamiento tixotrópico se encuentra en las pinturas, en el catsup, etc., cuando se dejan reposar a estos fluidos, vuelven a sus condiciones originales.

2.-Reopécticos.

Estos fluidos muestran un incremento de la viscosidad aparente con respecto al tiempo, al dejarse reposar vuelven a sus condiciones originales. Ejemplos coloides soles y arcillas

bentoníticas.

II.-VISCOELASTICOS

Presentan el efecto de recuperar parcialmente su elasticidad y cuyas propiedades viscosas son no newtonianas y dependen del tiempo. Los efectos viscoelásticos pueden ser importantes en cambios repentinos de velocidad del flujo (paro y arranque), flujos rápidamente oscilatorios, en flujo a altas velocidades de corte, como lo encontramos en los procesos de extrusión y en flujos donde cambia la sección transversal. Ejemplos son: polímeros, soluciones de sustancias de largas cadenas moleculares. La ecuación de White-Metzner (1963) es la más simple y la más práctica

$$\tau_{ij} = -2\mu a_{ij} + \epsilon r \delta_{ij} \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial t} \quad \text{Ec.2.a.11}$$

FLUJO DE FLUIDOS NEWTONIANOS

Las propiedades del fluido en sí mismo, determinan la velocidad del flujo resultante en una situación dada.

En una tubería, la velocidad de desplazamiento de un fluido varía a lo largo del diámetro, alcanzando un valor máximo en el centro del tubo y disminuyendo hasta anularse en las paredes. La distribución de las velocidades a lo largo de una tubería es distinta según se trate de flujo laminar o turbulento.

El movimiento de los fluidos se puede clasificar de muchas maneras, atendiendo a alguna de sus diversas características por ejemplo, se pueden tener flujos laminares ó turbulentos, reales o ideales, reversibles o irreversibles, permanentes ó no permanentes, uniformes ó no uniformes, etc.

A continuación se dará una breve explicación de algunos tipos de flujo.

FLUJO LAMINAR

El fluido se mueve en capas paralelas, sin que existan corrientes cruzadas. Se ha demostrado, que para este tipo de flujo en tubería, la velocidad máxima es dos veces la velocidad promedio. Siendo el criterio para establecer este tipo de flujo, que el número de Reynold sea menor a 2100.

Para los valores del Número de Reynolds entre 2100 y 4000 se dice que se tiene un flujo en condición de transición de laminar a turbulento.

FLUJO TURBULENTO

Se caracteriza por las corrientes cruzadas pulsatorias, siendo dos consecuencias de este tipo de flujo

1.- Mayor pérdida de energía

2.- Distribución más uniforme de velocidad debido al intercambio del momento entre las partículas cercanas al centro que se mueven más rápidamente y las más cercanas a la pared de la tubería que se mueven más lentamente.

Se ha demostrado que la velocidad máxima es del orden de 1.25 veces la velocidad promedio.

Se ha encontrado que el efecto de la rugosidad de la pared en el flujo turbulento, no depende solamente de la rugosidad relativa (E/D), sino también del número de Reynolds. Esto se atribuye a la capa laminar que está en contacto con la pared. Si la capa es suficientemente gruesa para cubrir la rugosidad de la pared (como es en el caso de Reynolds bajos), no tendrá efecto la rugosidad, sin embargo, si la capa es delgada en comparación con la rugosidad de la pared (como sucede a Reynolds altos), la rugosidad sí tendrá efecto.

Este efecto de la rugosidad sobre el Número de Reynolds puede representarse por la siguiente ecuación: (Ver fig. 2.A.3)

$$Re_{\kappa} = \frac{E}{D} Re \sqrt{\frac{f}{2}} \quad \text{Ec.2.a.12}$$

donde:

Re_{κ} : Reynolds rugoso

Se tienen tres regiones en el flujo turbulento:

1.-Flujo Turbulento En Tubería De Pared Lisa.-Se tiene cuando el Reynolds rugoso es menor ó igual a 3,y rige la siguiente ecuación

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4.0 \log (Re \sqrt{f}) - 0.4 \quad \text{Ec.Nikuradse} \quad \text{Ec.2.a.13}$$

2.-Flujo Turbulento En Tubería De Pared Parcialmente Rugosa.-Se presenta cuando el Reynolds rugoso esta comprendido entre 3 y 70.Rige la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4. \log \frac{(D)}{(E)} + 3.48 - 4. \log \left[1 + \frac{9.35 D}{2E Re \sqrt{f}} \right] \\ \text{Ec. Colebrook} \quad \text{Ec.2.a.14}$$

3.-Flujo Turbulento En Tubería Totalmente Rugosa.-Se presenta con Reynolds rugoso mayor de 70,y rige la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 4. \log \frac{(D)}{(E)} + 3.48 \quad \text{Ec. Nikuradse} \quad \text{Ec.2.a.15}$$

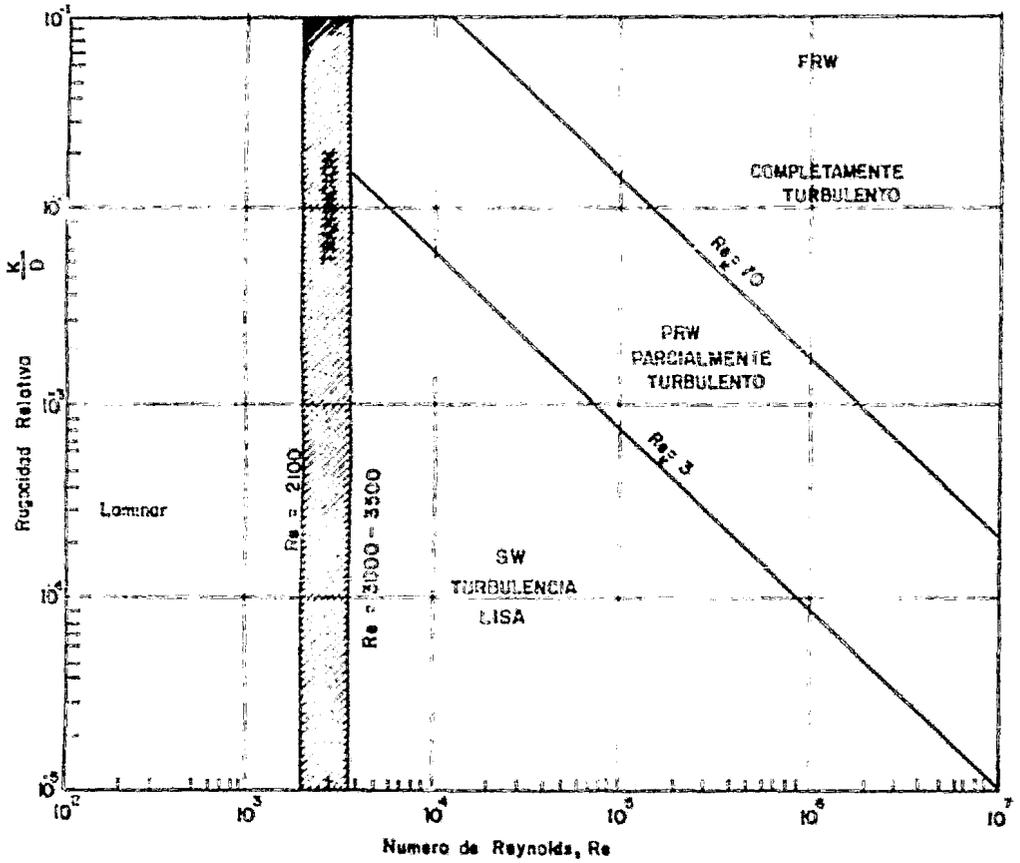
FLUJO ADIABATICO

Es aquél ,en el cual no se tiene transferencia de calor hacia el fluido o desde él.

FLUJO PERMANENTE

Se caracteriza en que las condiciones en cualquier punto no cambian con el tiempo.

FIGURA 2.A.3



DEPENDENCIA DE LA RUGOSIDAD RELATIVA CON EL NUMERO DE REYNOLDS

Ejemplo; si la velocidad en cierto punto es de 10 m/seg, en la dirección positiva del eje x, este valor permanecerá indefinidamente en esa misma dirección. Asimismo, en cualquier punto de un flujo permanente, no existen cambios en la densidad, presión ó la temperatura. Debido al movimiento errático de las partículas de fluido, siempre existen pequeñas fluctuaciones en las propiedades de un fluido en un punto, cuando se tiene flujo turbulento.

Si la velocidad media temporal $v_t = \frac{1}{T} \int_0^t v dt$ indicada en la fig. 2.A.4 por la línea horizontal, no cambia con el tiempo, se dice entonces que el flujo es permanente. La misma generalización se aplica a la densidad, presión, temperatura, etc., si se sustituyen por v_t en la fórmula anterior.

FLUJO NO PERMANENTE

Cuando las condiciones en cualquier punto cambian con el tiempo.

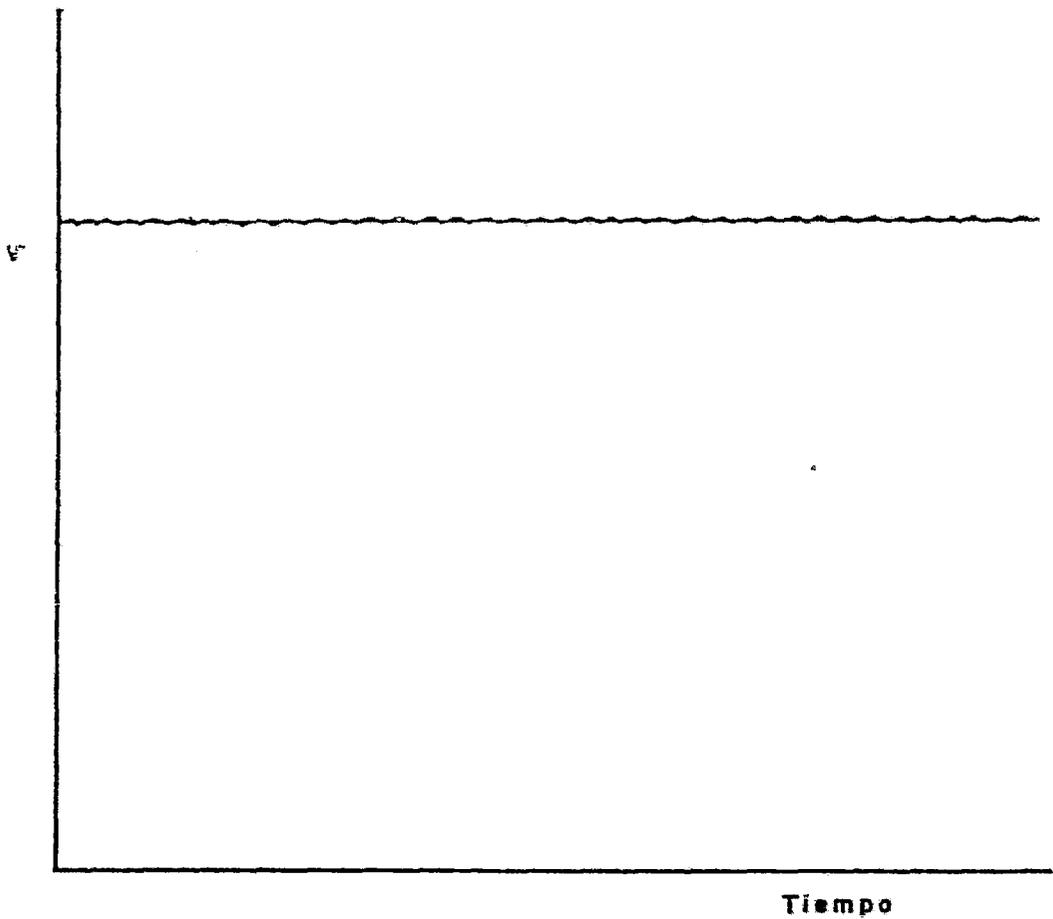
FLUJO UNIFORME

Ocurre cuando el vector velocidad en todos los puntos del movimiento es idéntico (en magnitud y dirección) para un instante dado. La definición de flujo uniforme para un flujo real en un conducto abierto o cerrado, puede aplicarse en la mayoría de los casos, aún cuando el vector velocidad en las fronteras es siempre cero. Cuando las secciones transversales paralelas entre sí en un conducto son idénticas y la velocidad media en cada sección transversal es la misma para un instante dado, se dice que el flujo es uniforme.

FLUJO VARIADO

Aquellos flujos en que el vector velocidad varía de un lugar a otro para un instante dado, ó flujo a través de un conducto de sección transversal variable.

FIGURA 2.A.4



EJEMPLO DE FLUJO PERMANENTE

BOMBAS

Frecuentemente es requerido transferir un líquido de un punto a otro, para lo que en ocasiones se hace necesario el uso de bombas. En la actualidad existe una gran variedad de bombas. En la tabla 2.B.I se muestra una clasificación de bombas, divididas en clases por el tipo de mecanismo utilizado para transferir la energía al fluido y la Tabla 2.D.II por su aplicación.

Debido a la gran variedad de líquidos bombeados, se requiere poner una atención cuidadosa tanto en la selección de los materiales de construcción de las diferentes partes que constituyen la bomba, como en el análisis hidráulico del sistema en el que se encuentra la bomba.

La bomba centrífuga es una unidad versátil en la planta de proceso, debido a su fácil control, flujo no pulsatorio y presión de operación adecuada para sistemas de pequeños y grandes flujos.

CARACTERISTICAS

- 1.- Amplio rango de capacidad, presión y características de flujo do.
- 2.- Fácil adaptación al motor.
- 3.- Requerimientos relativamente pequeños de terreno.
- 4.- Relativo bajo costo.
- 5.- Dificultad para obtener flujos muy pequeños en presiones moderadas y altas.
- 6.- Desarrolla condiciones de turbulencia en fluidos.

A continuación se explicará algunas de las partes que constituyen una bomba centrífuga. (Ver la figura 2.B.1)

CLASIFICACION DE LAS BOMBAS

TABLA 2.B-I

DESPLAZA MIENTO POSITIVO	RECIPROCANTES	Pistón Embolo	Doble acción	Simple	Vapor
				Doble	
		Diafragma	Simple	Operada por fluido	
Múltiple	Operada mecánicamente				
ROTATORIAS	Rotor simple	Aspas	Miembro flexible	Tornillo	
		Pistón			
	Rotor múltiple	Engranajes	Balancines	Tornillos	
Lóbulos					
DINAMICAS	CENTRIFUGAS	Flujo radial Flujo mixto	Simple succión Doble succión	Autocebantes	Impulsor abierto
				Cebadas p/medios externos	
	Flujo axial	Simple succión	Unipaso Multipaso	Impulsor semiabierto	Impulsor cerrado
PERIFERICAS	Unipaso	Autocebantes Cebadas p/medios externos			
	Multipaso				
ESPECIALES	--- Electromagnéticas				

BOMBAS

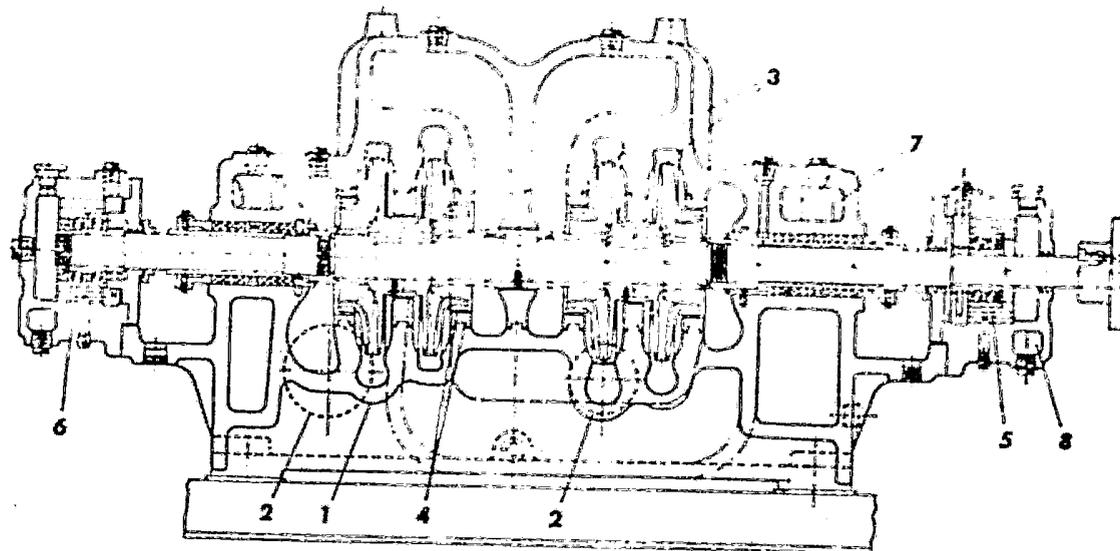
CLASIFICACION POR SU APLICACION

TABLA 2.B-II

<u>BOMBAS</u> *****	<u>DESP. POSITIVO</u>	RECIPROCANTES	Gastos pequeños Presiones altas Líquidos limpios
		ROTATORIAS	Gastos pequeños y medianos Presiones altas Líquidos viscosos
	<u>DINAMICAS</u>	CENTRIFUGAS	Gastos grandes Presiones reducidas o medianas Líquidos de todos los tipos excepto viscosos. Presiones altas en bombas de varios pasos a altas velocidades.

PARTES INTERNAS DE UNA BOMBA

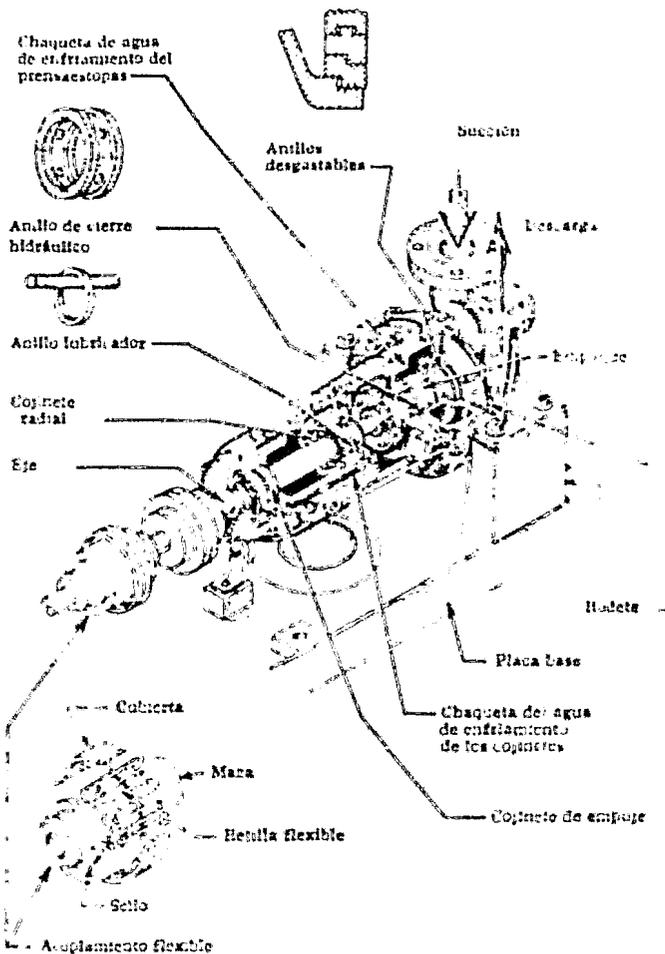
FIGURA 2.B.1



- 1 Cubierta dividida axialmente, forma voluta, escalonada para balance radial
- 2 Lado de succión y descarga.
- 3 Rodetes opuestos para balancear el empuje axial
- 4 Cubierta desmontable y reemplazable y anillos desgastables del rodete

- 5 Copete radial de doble hilera de bolas de ranura profunda
- 6 Copete axial de bolas de contacto angular
- 7 Preestator enfriado por agua
- 8 Cubierta de los cojinetes enfriada por agua

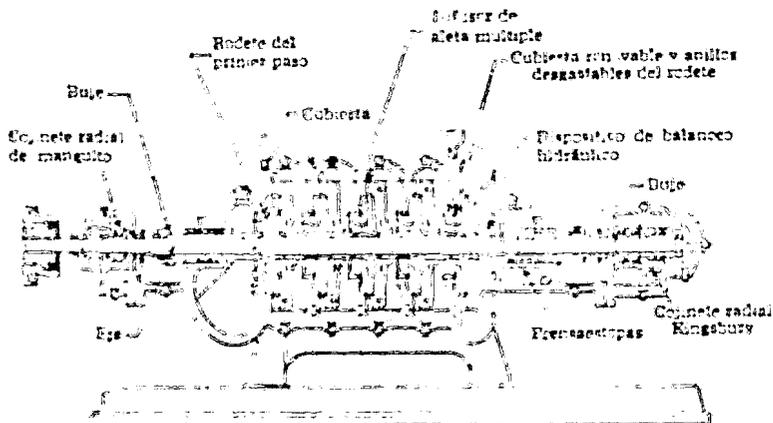
Bomba centrífuga tipo voluta y de pasos múltiples



Bomba de un proceso típico (bomba para aceite caliente)

PARTES INTERNAS DE UNA BOMBA

FIGURA 2.B.1 (CONT.)



Bomba centrífuga de pasos múltiples tipo difusor

IMPULSOR

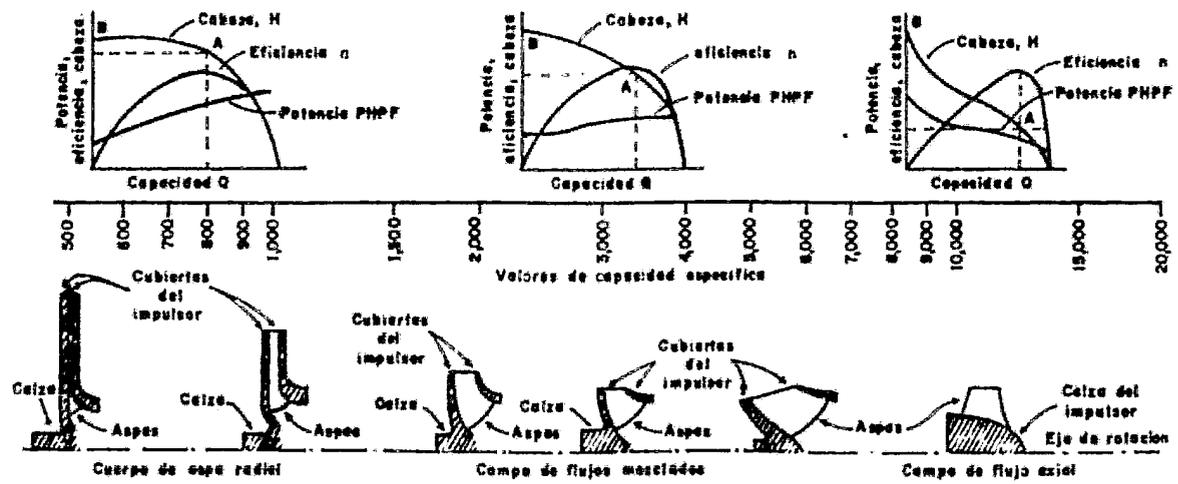
Es el corazón de una bomba centrífuga, ya que es el elemento que transmite la energía al fluido. En la figura 2.B.2 se presentan diferentes tipos de impulsores y en la tabla 2.B.III se dan las clasificaciones.

El impulsor de succión sencilla es más práctico y usado debido a razones de manufactura ya que simplifica considerablemente la forma de la carcasa, sin embargo, para gastos grandes es preferible usar un impulsor de doble succión ya que para la misma carga maneja el doble de flujo, además tiene la ventaja de que al succionar por lados opuestos no se producen empujes axiales, aunque se complica mucho la forma de la carcasa.

En los impulsores de álabes radiales generalmente se emplean para gastos pequeños y cargas altas, por lo cual son impulsores de velocidad específica baja. Manejan líquidos limpios sin sólidos en suspensión. En uno tipo Francis, los álabes tienen doble curvatura y son más anchos, el flujo tiende a ser ya radial ó axial y su velocidad específica es mayor. El de flujo mixto puede manejar líquidos con sólidos en suspensión. Los de tipo propela son de flujo totalmente axial y de pocos álabes, que son empleados para gastos muy grandes y cargas reducidas, su velocidad específica es mayor a la de los otros tipos de impulsor y puede manejar líquidos con sólidos en suspensión de tamaño relativamente grandes.

Los impulsores cerrados tienen paredes en ambos lados de los álabes para cerrar el paso del líquido. La carga se genera entre estas dos paredes. Es empleado en sistemas de cargas altas y/o altas presiones. Tiene las siguientes ventajas y desventajas:

- 1.-Poco mantenimiento.
- 2.-Las superficies de desgaste son relativamente no críticas.
- 3.-Las eficiencias originales son mantenidas prácticamente durante la vida del impulsor.



Curvas características y velocidades específicas para varios impulsores.

FIGURA 2.B.2

CLASIFICACION DE LOS IMPULSORES

TABLA 2.B-III

<u>Tipo de Succión</u>	{ Succión Simple Succión Doble
<u>Forma de los Alabes</u>	{ Radiales Tipo Francis Flujo Mixto Propela
<u>Dirección del Flujo</u>	{ Radial Mixto Axial
<u>Construcción Mecánica</u>	{ Abierto Semiabierto Cerrado
<u>Velocidad Específica</u>	{ Baja Media Alta

4.-No se recomienda en sistemas en los que pueda sufrir incrustaciones debido a la dificultad para su limpieza.

Los impulsores semiabiertos tienen una pared unicamente en uno de los lados de los álabes. La carga es generada entre la pared del impulsor y una pared estacionaria en la carcaza. Una parte de sus álabes está descubierta por lo que pueden romper partículas suspendidas y así evitar taponamientos. Son empleados para uso general.

En los impulsores abiertos los álabes se encuentran unidos al mamelon central con una pared pequeña. La carga se genera entre las dos paredes estacionarias de la carcaza. Son empleados en sistemas de cargas bajas, líquidos viscosos, en fluidos con sólidos en suspensión ya que su limpieza es sencilla y líquidos abrasivos por su facilidad para recubrirse con elastómeros.

Los impulsores abiertos y semiabiertos tienen la desventaja de requerir claros muy pequeños entre los álabes del impulsor y la pared de la carcaza.

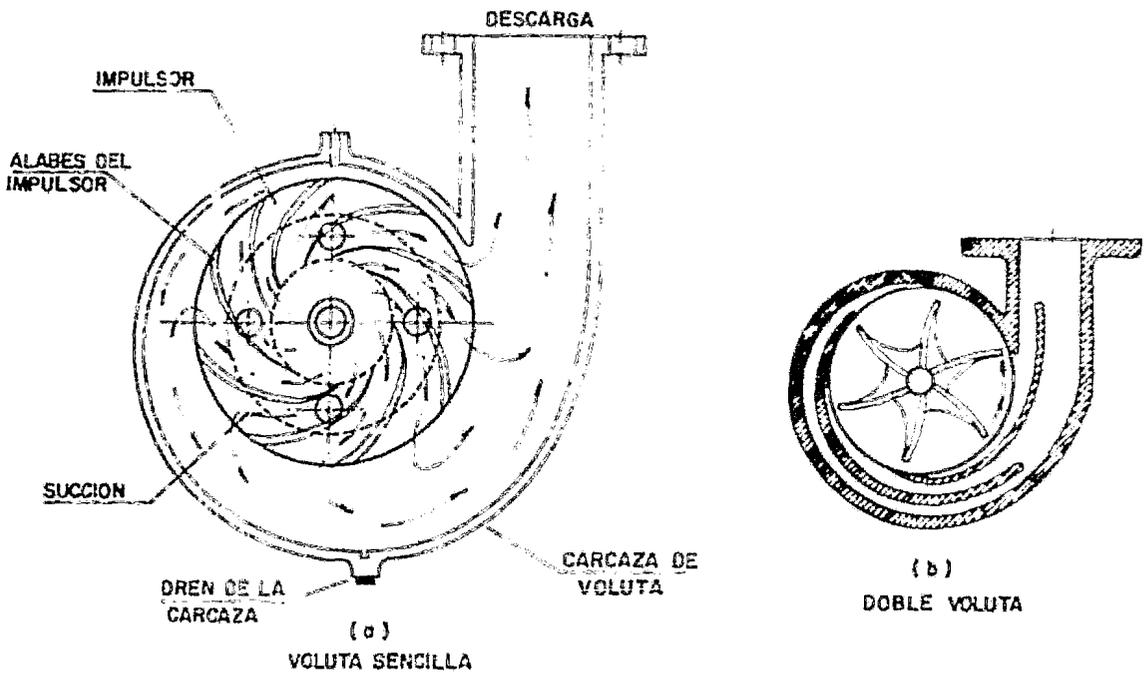
CARCAZA

Da dirección al flujo desde el impulsor y convierte su energía de velocidad en energía de presión, la cuál es generalmente medida en pies ó metros de carga.

En la tabla 2.B.IV se presenta los tipos de carcaza existentes, y en la tabla 2.B.V se presentan algunas ventajas y desventajas de las bombas con diferentes diseños internos de la carcaza.

En las bombas con carcaza tipo voluta; el líquido descargado del impulsor pasa por una espiral en la carcaza que se va ensanchando progresivamente, lo que facilita la conversión de carga de velocidad en carga de presión, conforme se disminuye gradualmente la velocidad del líquido al fluir del impulsor a la línea de descarga. (Figura 2.B.3)

FIGURA 2.B.3



BOMBA TIPO VOLUTA

TIPOS DE CARCAZA

TABLA 2.B-IV

Según la manera de efectuar la conversión de energía.	{ Voluta { Simple Doble Difusor Turbina ó regenerativa Propeia
Según su construcción.	{ De una pieza Partida { Por un plano horizontal Por un plano vertical Por un plano inclinado
Según sus características de succión.	{ Simple Doble Succión por un extremo { Lateral Superior Inferior
Según el número de pasos	{ De un paso De varios pasos

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CARCAZA (DISEÑO INTERNO)

TABLA 2.B.V

<u>VENTAJAS</u>	<u>TIPO DE CARCAZA (DISEÑO INTERNO)</u>			
	<u>' VOLUTA '</u>	<u>' DIFUSOR '</u>	<u>' REGENERATIVA '</u>	<u>' PROPELA '</u>
FABRICADA EN MUCHOS TAMAÑOS	X	X		X
OPERACION SILENCIOSA	X	X	X	X
CONSTRUCCION ROBUSTA (VIDA LARGA)	X	X		X
FABRICADA EN MUCHOS MATERIALES	X	X		X
MANEJA LIQUIDOS QUE CONTIENEN SOLIDOS	X	X		X
MANEJA LIQUIDOS CON UN ALTO CONTENIDO DE VAPOR			X	
AUTOCEBADO			X	
 <u>DESVENTAJAS</u>				
NO SE PUEDEN EMPLEAR CON LIQUIDOS MUY VISCOSOS	X	X	X	X
CARGAS DESARROLLADAS LIMITADAS	X	X	X	X
CLAROS REQUERIDOS MUY PEQUEÑOS	'	'	'	'

En la bomba de carcaza tipo difusor, el líquido una vez que sale del impulsor pasa a través de un anillo con álabes difusores fijos cuya función es la de generar un flujo más ordenado y así tener una conversión de velocidad a presión más eficiente (= 90%). (figura 2.B.4) .

En la bomba de carcaza tipo turbina o regenerativa, el líquido no descarga libremente del impulsor, sino que es recirculado y enviado a la base del impulsor, esto sucede varias veces antes de abandonar el impulsor, como resultado de esta recirculación desarrollan cargas muy grandes comparadas con la carcaza tipo voluta; (figura 2.B.5)

En la bomba de carcaza tipo propela o axial, el líquido fluye paralelamente al eje, la carga es generada por la acción de propulsión de los álabes. (Figura 2.B.6) .

Los tipos de bombas verticales son similares a las de las bombas horizontales.

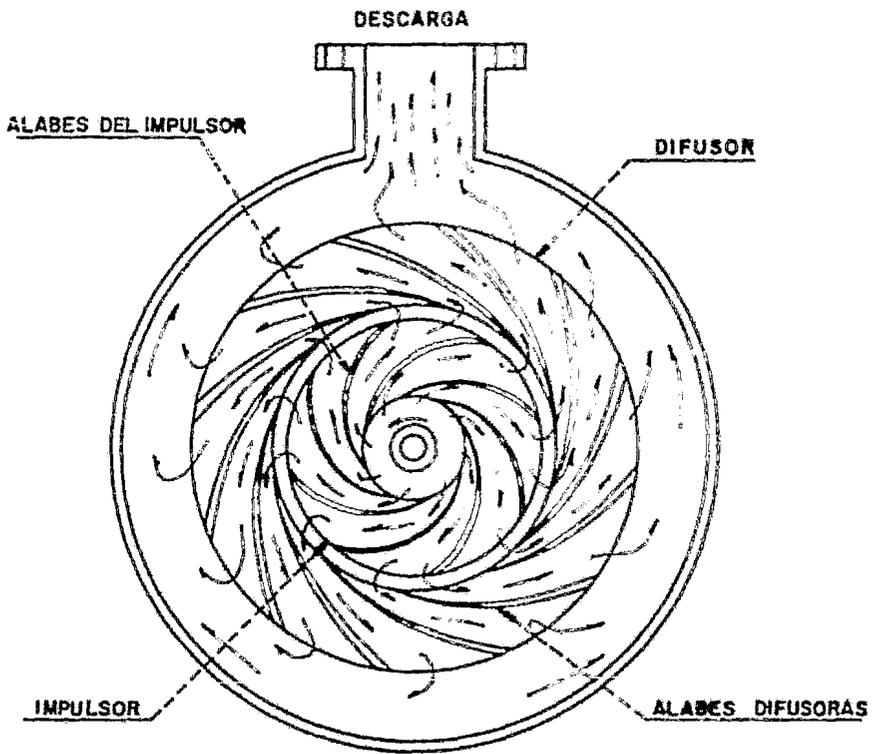
En las bombas verticales de carcaza tipo voluta en las cuales el impulsor descarga el líquido radial y horizontalmente contra la carcaza, el líquido sale de la carcaza, hacia arriba a través de un tubo como se muestra en la figura 2.B.7. Estas bombas se fabrican de múltiple y simple etapas.

FLECHA

Es el eje de todos los elementos que giran en ella, además transmite la potencia que le imparte la flecha del motor al impulsor.

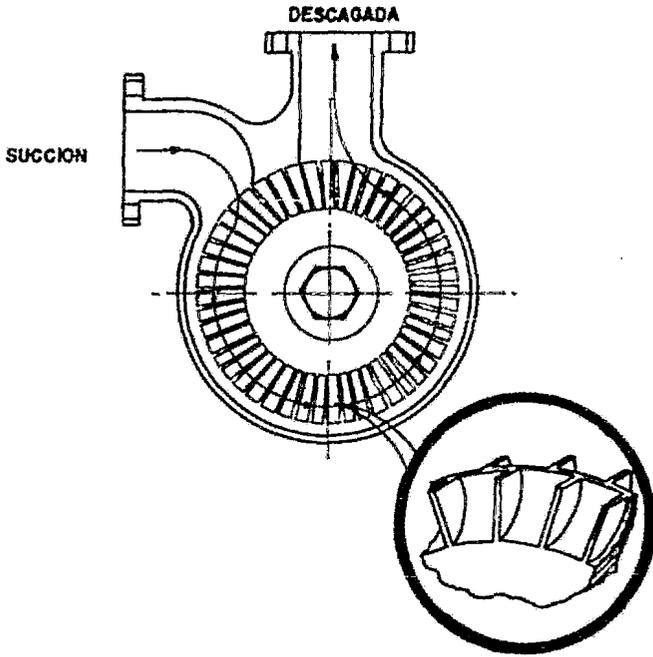
Se debe tener cuidado al seleccionar el material de la flecha que debe ser resistente a la acción corrosiva de los fluidos de proceso y no obstante tener buenas características de fuerza para su diseño.

FIGURA 2.B.4



BOMBA TIPO DIFUSOR

FIGURA 2.B.5

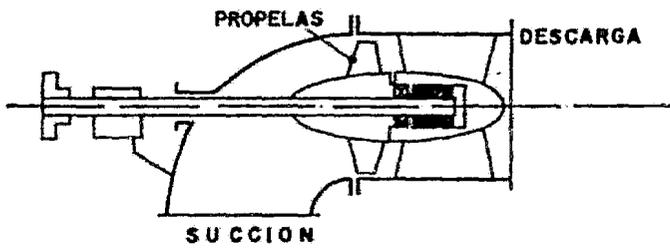


LA BOBINA DE TURBINA
PROPORCIONA LA ENERGIA
AL LIQUIDO EN UNA SERIE
DE IMPULSOS

DETALLE DE LA TURBINA

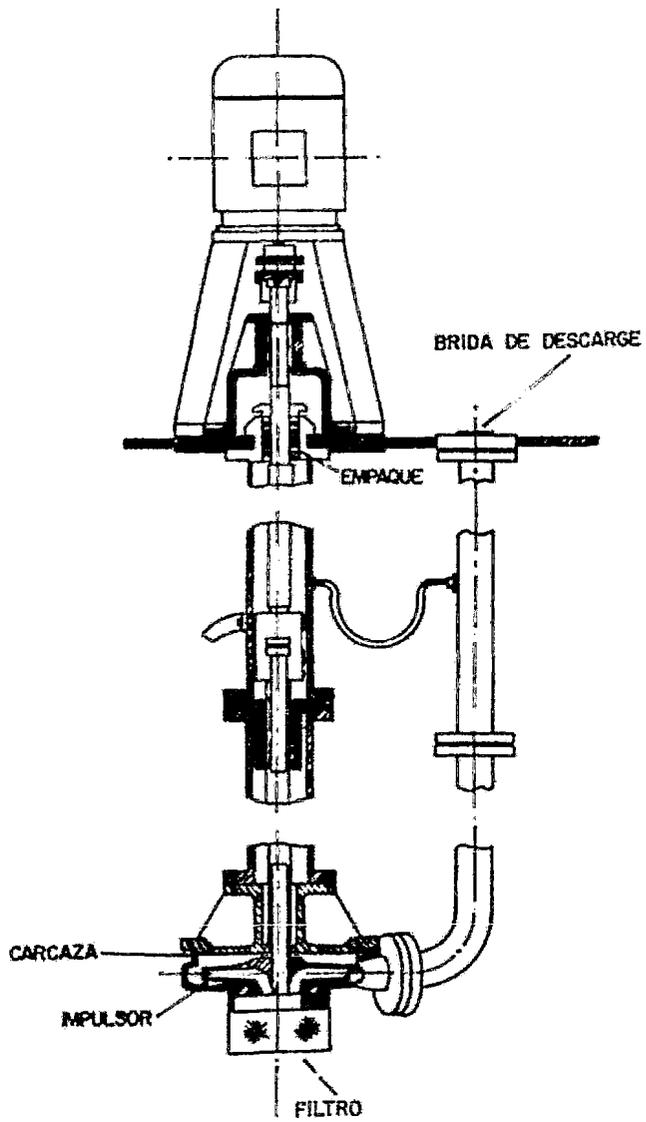
BOMBA DE TURBINA O REGENERATIVA

FIGURA 2.B.6



BOMBA DE FLUJO AXIAL O DE PROPELA

FIGURA 2.B.7



BOMBA VERTICAL CENTRIFUGA DE VOLUTA

CAMISA DE FLECHA

Debido a que la flecha es una pieza bastante cara y en la sección del empaque o de los apoyos hay desgaste, se necesita poner una camisa a la flecha que tiene por objeto protegerla y ser una pieza de cambio, sobre la cual trabajan los empaques. No es utilizable si la bomba tiene sello mecánico.

PRENSAESTOPA

Es un medio para regular la fuga, la cual ocurriría del lado de entrada de la flecha a la carcasa. Por lo general no es una parte separada sino un conjunto de pequeños detalles, que a continuación se describen y cuya función es evitar tanto el flujo del líquido bombeado hacia afuera a través del orificio por donde pasa la flecha de la bomba, como el aire hacia el interior de la bomba.

1.-Estopero

Es una cavidad concéntrica con la flecha donde van colocados los empaques para su posición y ajuste de presión, para controlar o equilibrar la ya existente en el interior de la bomba

2.-Empaque

Su objetivo práctico es permitir fugas, restringiéndolas y controlándolas dentro de los límites aceptables en el proceso. Debe dejarse esta fuga, ya que de otra manera el calor y fricción generada sobre la flecha es muy grande, puede dañarla y hacer que el motor tere más potencia.

3.-Jaula de Sello

Pieza no deformable, de forma acanalada a la cuál se le hace llegar desde la misma carcasa, ó desde una fuente externa un líquido de enfriamiento que sirve como medio lubricante y de

enfriamiento a la flecha por el aumento de temperatura debido a la fricción originada por la presión a que es sometida por el funcionamiento de la bomba.

4.-Sello Mecánico

Cuando se desea que no se produzca ninguna fuga ó el cambio de empaques es muy frecuente porque el líquido los ataca. Se utiliza el sello mecánico que consiste de dos superficies perfectamente pulidas que se encuentran en contacto una con otra. Una de ellas es estacionaria y se encuentra unida a la carcaza, mientras que la otra gira con la flecha. Los materiales de ambas superficies en forma de anillos son diferentes. El apriete de una superficie contra otra se regula por medio de un resorte. En los demás puntos por donde podría existir una fuga se ponen anillos y juntas de material adecuado, con lo cual se logra que el flujo que escapa sea reducido prácticamente a nada.

ANILLOS DE DESGASTE

Su función es tener un elemento barato y fácil de remover en aquellas partes en donde, debido a las cerradas holguras que se producen entre el impulsor que gira y la carcaza fija, la presencia del desgaste es casi segura. En esta forma, en lugar de cambiar todo el impulsor ó carcaza, solamente se quitan los anillos, los cuales pueden estar montados a presión en la carcaza ó en el impulsor, ó en ambos. Deberá cuidarse el claro que existe entre los anillos, puesto que si es excesivo resultará en una recirculación considerable, y si es reducido, éstos pueden pegarse sobre todo si los materiales tienen tendencia a adherirse entre sí.

COPLER

Mediante el coople se une la flecha del motor con la flecha de la bomba. Se tienen varios tipos de acoplamiento:

1.-Cople Sólido

En el cuál las flechas se unen por medio de bridas, formando una flecha continua. Cuando se tiene un desnivelamiento se presentan esfuerzos considerables en la flecha, sobrecarga en los baleros o vibración.

2.-Cople Fléxible

Evitan los problemas del desnivelamiento.

BALEROS

Soportan la flecha alineada correctamente en relación con las partes estacionarias. Por medio de un correcto diseño soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba. Los soportes pueden ser en forma de bujes de material suave con aceite a presión que centra la flecha ó bien cualquier tipo de baleros, ya sea de bolas o del tipo de rofillos. La lubricación de los baleros depende de las condiciones de operación, usándose grasa cuando se maneja agua a temperatura ambiente ó aceite con líquidos muy calientes.

BASES

Debido a que la bomba y el motor deben estar perfectamente alineados, es aconsejable que estos estén montados en una base común, donde al mismo tiempo se puedan montar y desmontar fácilmente.

SISTEMAS CON VARIAS BOMBAS

BOMBAS EN SERIE

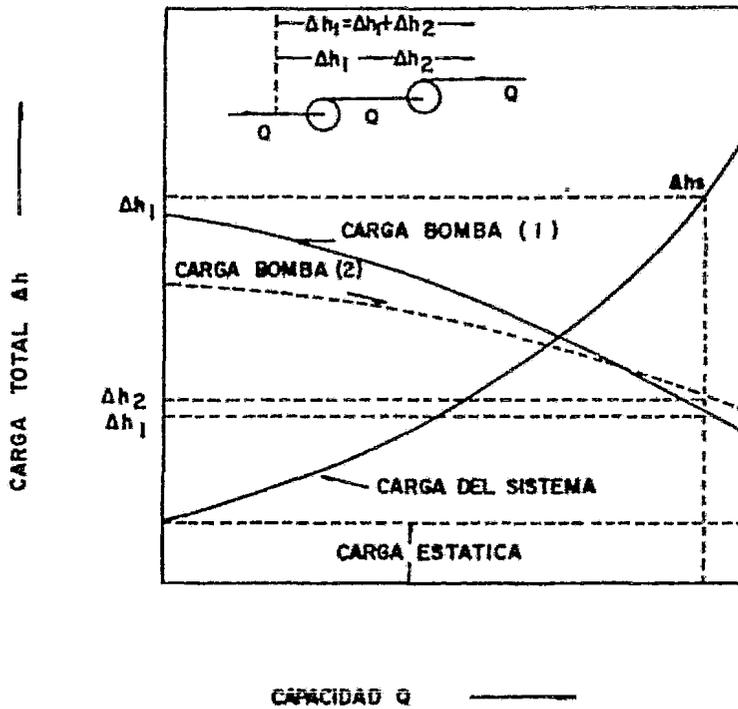
A veces es conveniente ó económico utilizar dos ó más bombas en serie, para alcanzar la presión de descarga deseada. En esta situación la capacidad de cada bomba está limitada por la capacidad más pequeña de cualquiera de las bombas en su velocidad de operación. La presión de descarga de la última bomba es la suma de las presiones de descarga de cada bomba. Para bombas iguales, la capacidad es igual a la de cualquier bomba y la presión de descarga total es la suma de las presiones de descarga de cada bomba actuando como una sola unidad. La carcasa de la bomba de cada etapa (particularmente la última) debe de ser capaz de resistir en un amplio o suficiente rango de presión la presión de descarga desarrollada. (Ver la figura 2.B.8)

Procedimiento de Cálculo

- 1.- Grafique las curvas características de cada bomba (Carga-capacidad), así como la del sistema.
- 2.- Trace una vertical (capacidad constante) que intersecte las curvas de las bombas y lea los valores de carga de las bombas y del sistema.
- 3.- Se suman los valores de cargas obtenidas de las bombas del paso 2, para obtener Ah_t .
- 4.- Se compara el valor de Ah_t del paso anterior con el valor de carga del sistema obtenido en el paso 2 (Ah_s). Si $Ah_t = Ah_s$ es el punto de operación estable, si es diferente se repite el procedimiento desde el paso 2

Otra alternativa de solución es el graficar la suma de las cargas de cada bomba para varias capacidades junto con la curva del sistema. El punto de operación estable corresponde a la intersección de ambas curvas.

FIGURA 2.B.8



DETERMINACION DE LA CARGA Y CAPACIDAD TOTAL DE UN SISTEMA DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN SERIE

Las bombas en serie son las más adecuadas cuando se quiere una alta capacidad y la mayor parte de la carga se debe a pérdidas de presión por fricción. La forma de la curva carga-capacidad es del tipo de pendiente pronunciada. (Ver la figura 2.B.9).

La operación en serie tiene la desventaja de que la presión en la caja de estoperos de la segunda bomba es incrementada por la carga desarrollada por la primera. Esto puede incrementar los costos de mantenimiento de la bomba.

BOMBAS EN PARALELO

Se utiliza este arreglo cuando se quiere dividir la carga entre dos ó más bombas pequeñas, en lugar de tener una bomba grande, ó para adicionar capacidad a un sistema. En un punto común ligado sobre la descarga de todas las bombas, la carga deberá ser la misma para cada bomba. Las capacidades de cada bomba (de la misma ó diferente curva característica) son sumados en la carga del sistema para obtener el flujo deseado. Cada bomba no tiene que transportar el mismo flujo, pero operará sobre su propia curva característica y deberá entregar la carga requerida.

Procedimiento de Cálculo

- 1.-Se grafican las curvas características de cada bomba (carga-capacidad), así como la del sistema. (Ver la figura 2.B.10)
- 2.-Se traza una horizontal (línea de carga constante), intersectando las curvas de operación de las bombas y del sistema, leyendo la capacidad para cada una de ellas.
- 3.-Se suman las capacidades de las bombas obtenidas en el paso 2 ($Q_t = Q_i$).
- 4.-Se compara el valor de la capacidad total del paso 3 con el valor de capacidad del sistema (Q_s) obtenida en el paso 2. Si resulta que $Q_t = Q_s$ es el punto de operación estable, si es diferente se repite desde el paso 2.

FIGURA 2.B.9

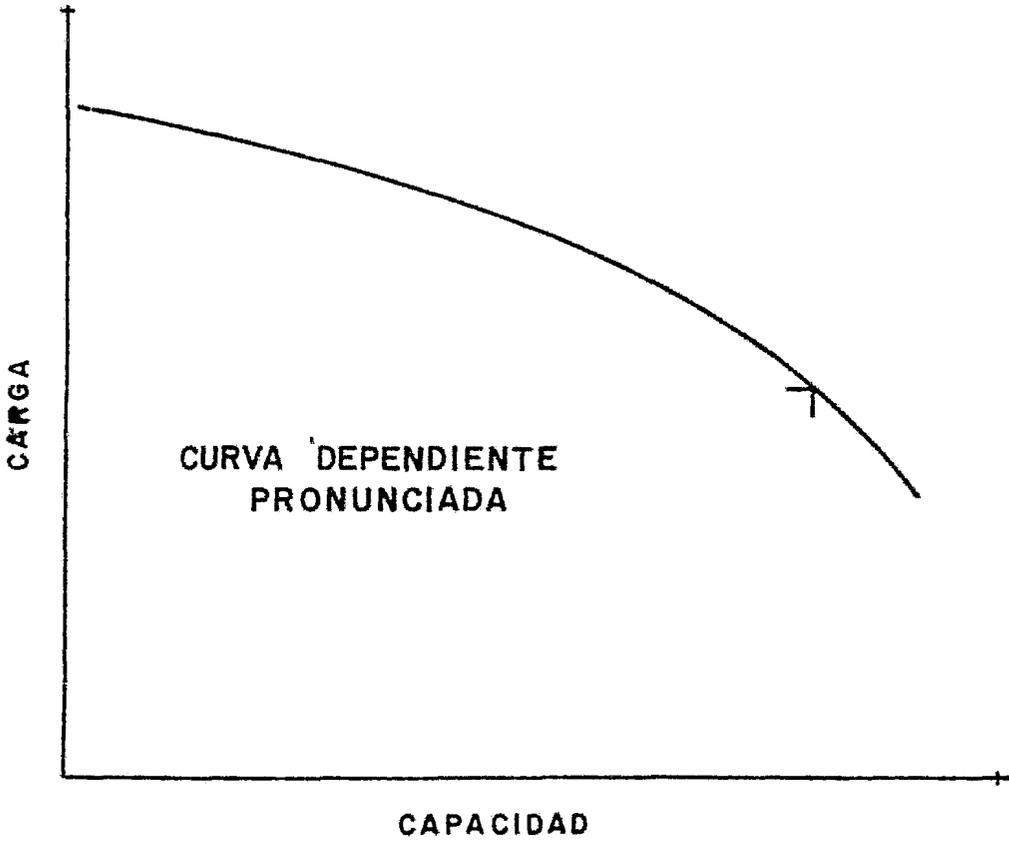
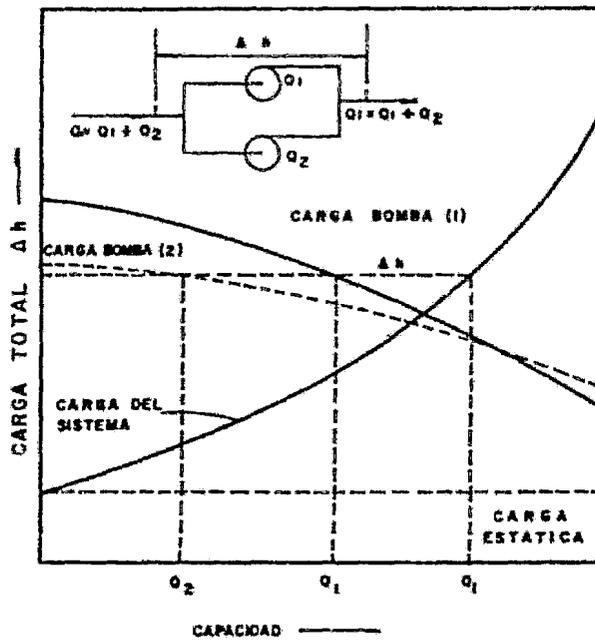


FIGURA 2.B.10



DETERMINACION DE LA CARGA Y CAPACIDAD TOTAL DE UN SISTEMA DE BOMBAS CENTRIFUGAS EN PARALELO

Un procedimiento alternativo es el de graficar directamente la suma de las capacidades de cada bomba para diferentes cargas totales y la curva de carga-capacidad del sistema. El punto de operación estable va a estar dado por la intersección de estas dos curvas.

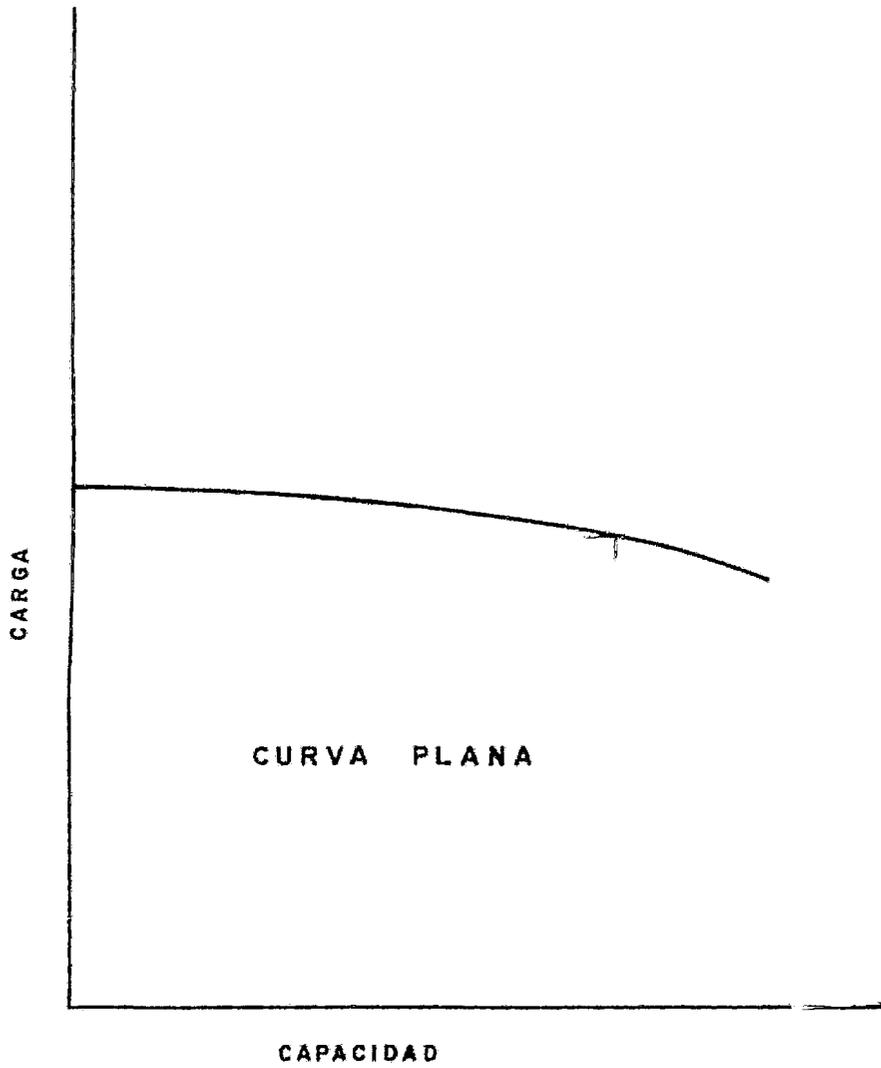
El rango de capacidad es más amplio con bombas en paralelo, cuando la mayor parte de la carga total se debe a la carga estática y por lo tanto la carga por fricciones es baja. En este caso la forma de la curva es relativamente plana. (Ver la figura 2. B.11).

En los sistemas en paralelo, una válvula deberá de estar localizada en la descarga de cada bomba, esto además de permitirnos aislar una bomba, hace que se tenga un mejor control sobre el sistema. Si se encuentra operando una de las bombas y en un momento dado se requiere que otra bomba entre en operación, ésta última deberá de tener tanto las rpm como la presión de descarga adecuadas antes de abrir la válvula de descarga. Además de la válvula de control y de la de compuerta, se debe tener una válvula check en la descarga de cada bomba. Esto evita que se desarrolle una contrapresión en una de las bombas afectando su operación.

BOMBAS EN SERIE-PARALELO

Este arreglo es una combinación de los dos arreglos anteriormente descritos, y se explica el uso de esta combinación por las características de cada arreglo.

FIGURA 2.B.11



VELOCIDAD ESPECIFICA

La velocidad específica de una bomba centrífuga representa las revoluciones por minuto a las cuales un impulsor geométricamente similar giraría si fuera de un tamaño tal que descargaría un galón por minuto con una carga de un pie.

La relación para evaluar la velocidad específica es la siguiente:

$$N_s = \frac{Q^{0.5} N}{H^{0.75}} \quad \text{Ec.2.b.1}$$

donde:

N_s = Velocidad específica (rpm)

N = Velocidad de rotación (rpm)

Q = Flujo de diseño (gpm)

H = Carga hidráulica de la bomba (ft de líquido)

También se puede utilizar el nomograma de la figura 2.B.12.

Con la figura 2.B.13 y la velocidad específica se puede determinar el tipo de impulsor a emplear y utilizando la relación de Bolge:

$$D_s = \frac{D H^k}{q^{0.5}} \quad \text{Ec.2.b.2}$$

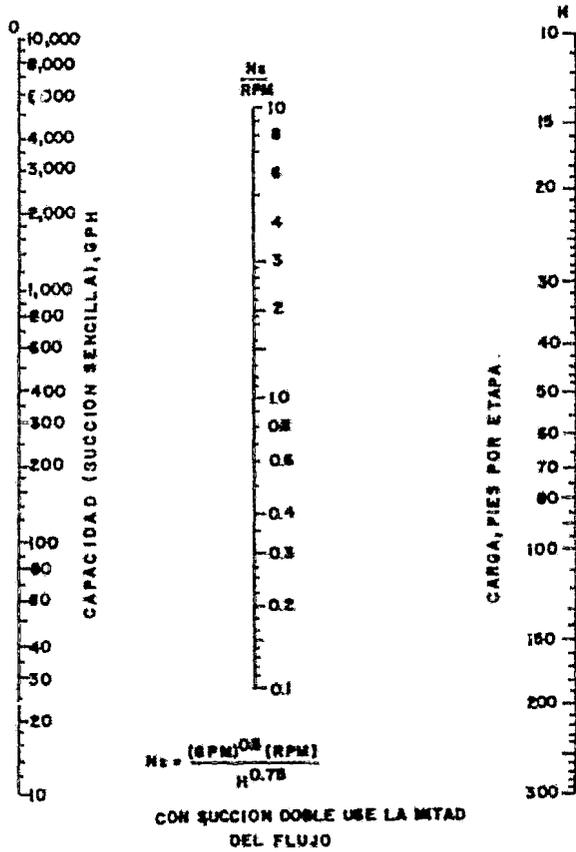
donde:

D_s = Diámetro específico del impulsor (ft)

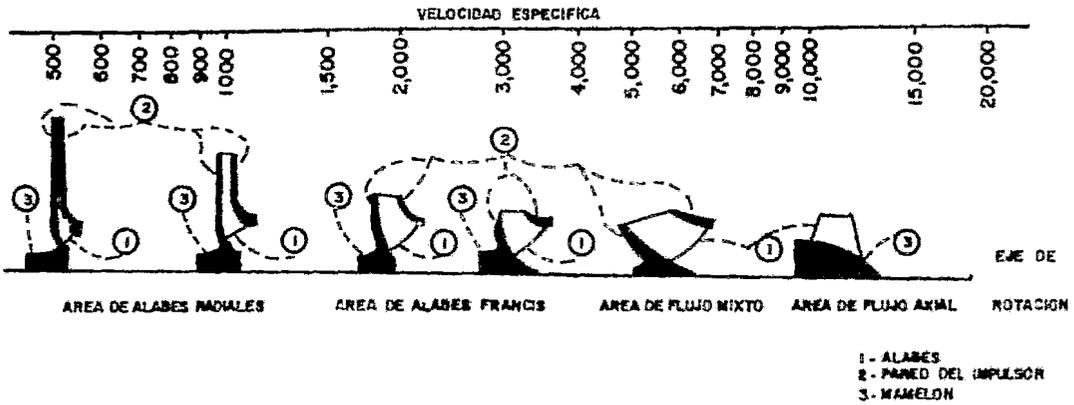
D = Diámetro del impulsor (ft)

q = Flujo volumétrico (ft³/seg)

FIGURA 2.B.12

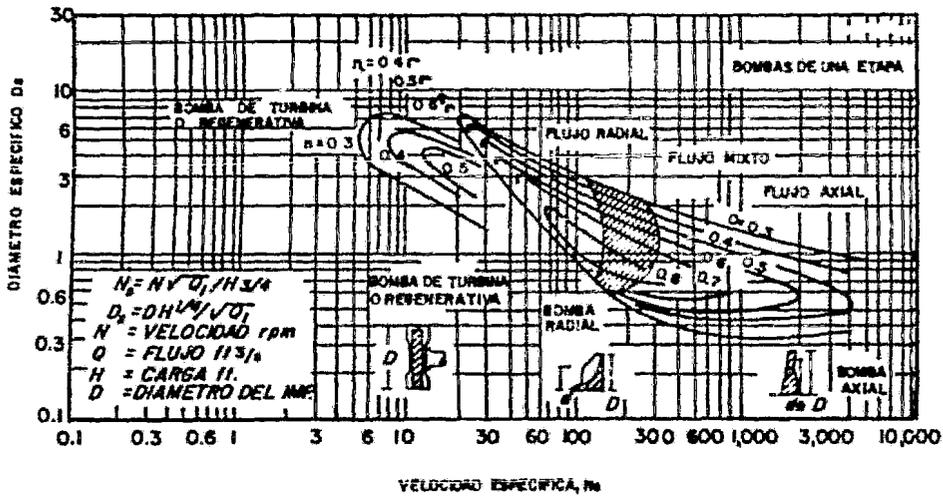


NOMOGRAMA PARA ESTIMAR LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE UNA BOMBA CENTRIFUGA



DISEÑO DEL IMPULSOR EN FUNCION DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA

FIGURA 2.B.13



VELOCIDAD ESPECIFICA VS. DIAMETRO ESPECIFICO

EFICIENCIA

La eficiencia es una función del diseño del impulsor, flujo y viscosidad. La figura 2.B.14 puede ser empleada para determinar la máxima eficiencia en base a las condiciones de diseño.

La eficiencia generalmente se incrementa con el flujo y la velocidad (rpm), y disminuye con velocidades específicas bajas debido a las altas pérdidas por fricción en los largos y angostos pasos. Conforme se incrementa la velocidad específica, la eficiencia aumenta manteniéndose durante un rango y disminuyendo ligeramente cuando se tienen velocidades muy altas. La erosión y corrosión reducen progresivamente la eficiencia.

Para el cálculo de la potencia al freno (BHP) de una bomba se recomienda emplear el 96 % de la máxima eficiencia obtenida de la gráfica de la figura 2.B.14, en el caso de tener una sola etapa. Con bombas de múltiples etapas se recomienda aplicar una eficiencia global del 93 % de la obtenida en la figura 2.B.14.

La eficiencia para flujos diferentes a los de diseño se determina mediante el uso de la figura 2.B.15.

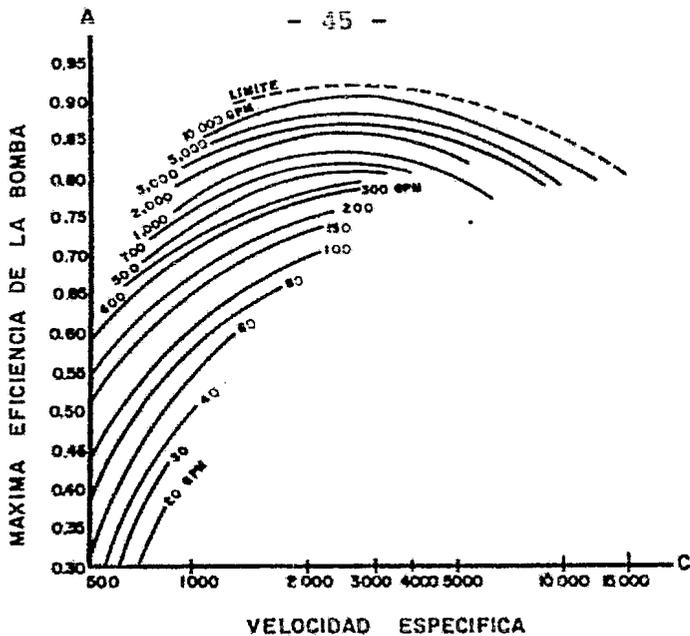
Cuando la viscosidad es muy alta, las pérdidas de presión internas por fricción ocasionan una reducción en la eficiencia así como en la capacidad y carga hidráulica. Para efectuar esta corrección de la eficiencia por una alta viscosidad se emplean las figuras 2.B.16 y 2.B.16', de las que se obtiene el factor de corrección C_{η} , el cual afecta los valores de eficiencia obtenida de las figuras 2.B.14 y 2.B.15.

El valor de viscosidad considerado debe ser el más alto que pudiera presentarse en el funcionamiento de la bomba.

$$\eta_{vis} = C_{\eta} \cdot \eta \quad \text{Ec. 2.b.3}$$

donde:

η_{vis} = Eficiencia corregida por viscosidad



MAXIMA EFICIENCIA DE LA BOMBA EN FUNCION DE SU VELOCIDAD ESPECIFICA.

FIGURA 2.B.14

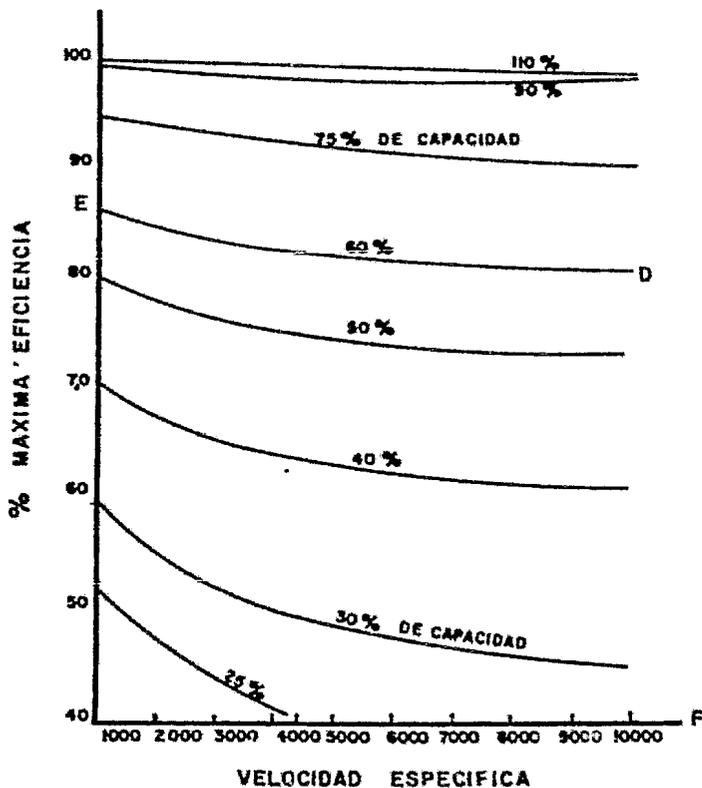
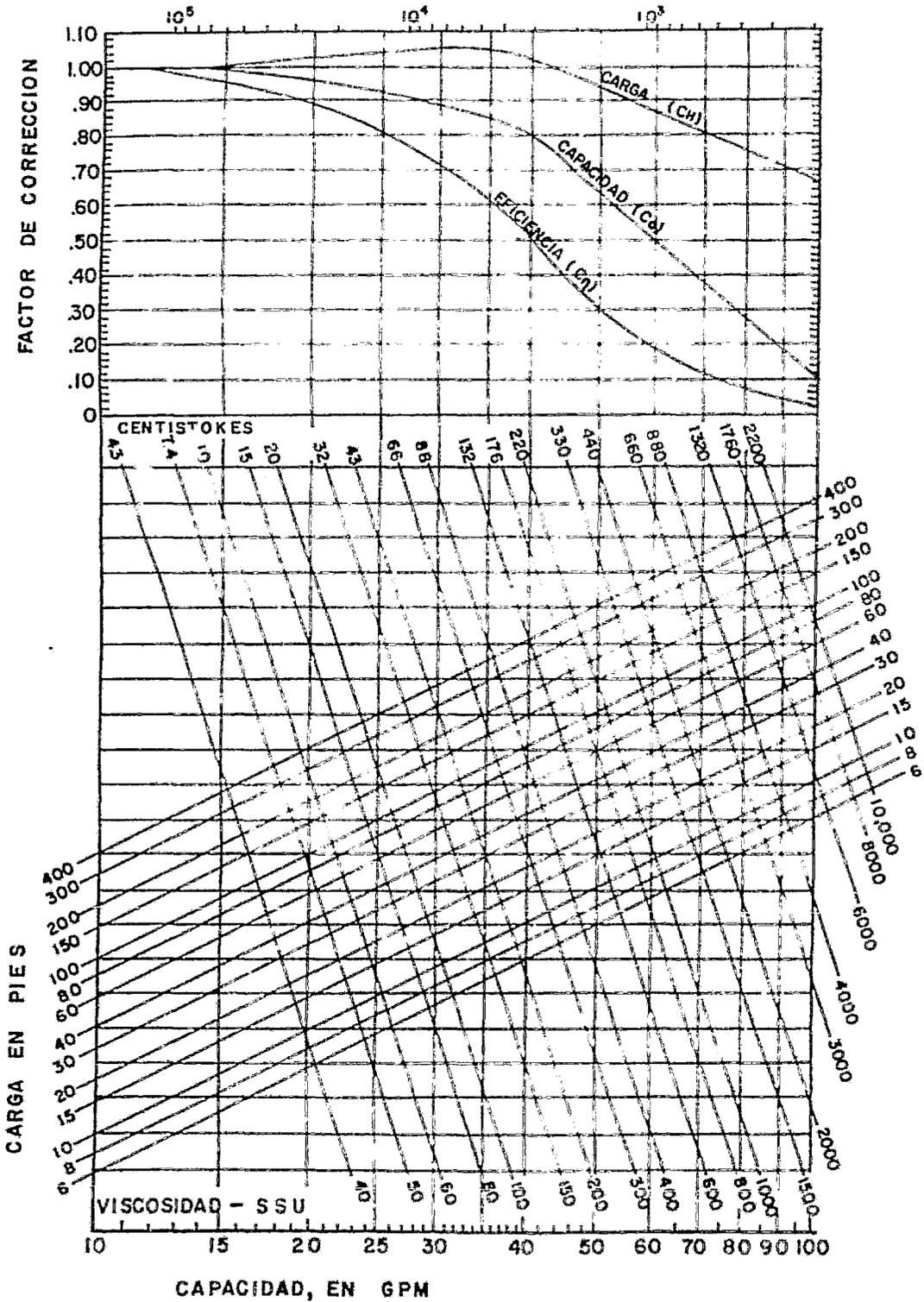


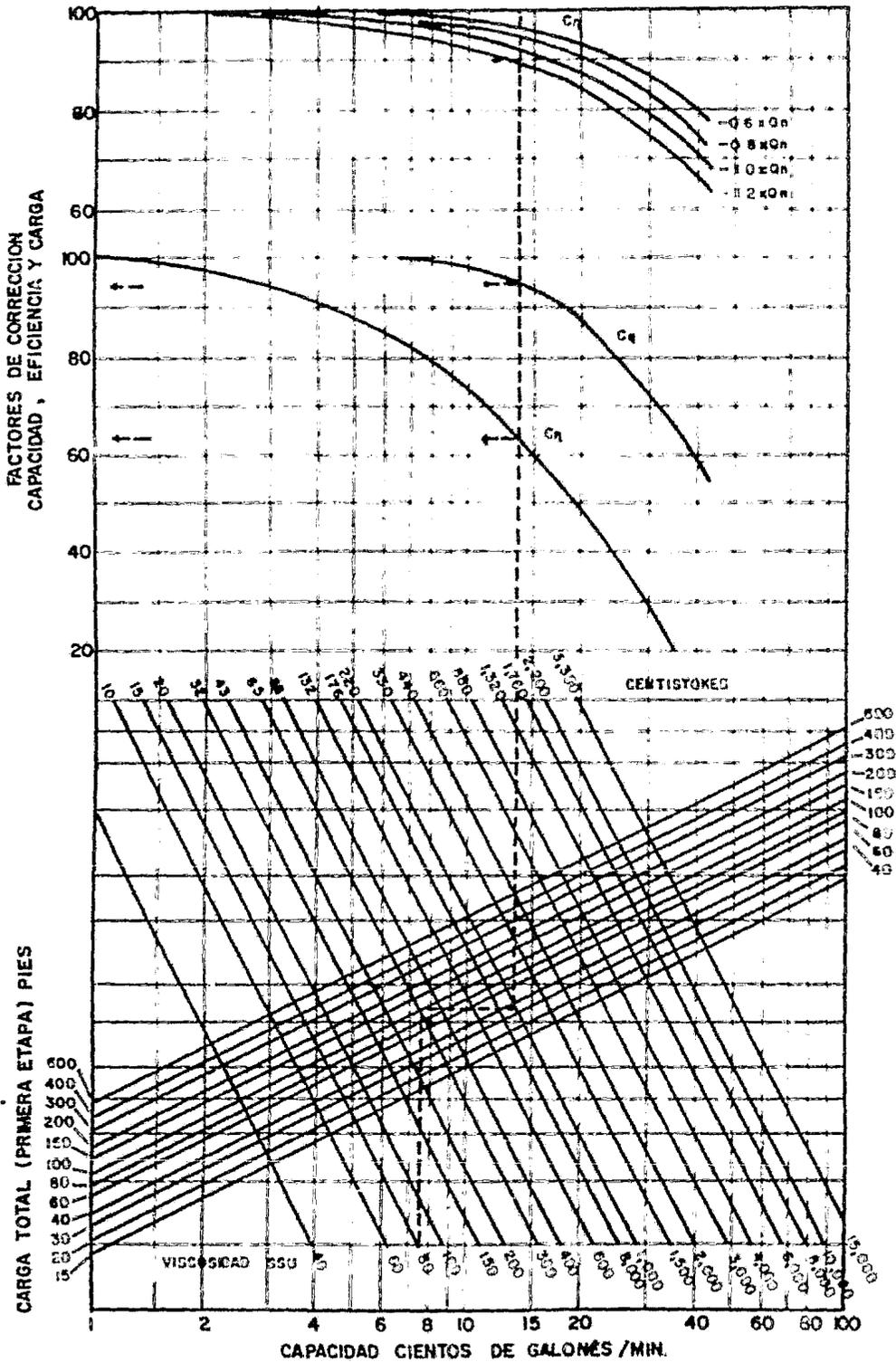
FIGURA 2.B.15

VELOCIDAD ESPECIFICA VS. % DE MAXIMA EFICIENCIA EN FUNCION DE LA CAPACIDAD



CORRECCION POR VISCOSIDAD PARA BOMBAS PEQUEÑAS

FIGURA 2.B.16'



CORRECCION DE CAPACIDAD, CARGA Y EFICIENCIA POR VISCOSIDAD

C_{η} = Factor de corrección por viscosidad

η = Eficiencia (De las figuras 2.B.14 y 2.B.15)

LEYES DE AFINIDAD

Las leyes de afinidad gobiernan la operación de las bombas centrífugas de una serie homóloga en el punto de máxima eficiencia. Las relaciones para determinar la capacidad, carga total, $NPSH_r$ y potencia se presentan a continuación:

$$GPM_2 = K^3 \left(\frac{rpm_2}{rpm_1} \right) GPM_1 \quad \text{Ec.2.b.4}$$

$$H_2 = K^2 \left(\frac{rpm_2}{rpm_1} \right)^2 H_1 \quad \text{Ec.2.b.5}$$

$$NPSH_{r2} = K^2 \left(\frac{rpm_2}{rpm_1} \right)^2 NPSH_{r1} \quad \text{Ec.2.b.6}$$

$$HP_2 = K^5 \left(\frac{rpm_2}{rpm_1} \right)^3 HP_1 \quad \text{Ec.2.b.7}$$

donde:

GPM = Capacidad (galones por min)

rpm = Velocidad en (rpm)

K = Relación lineal de las dimensiones entre los 2 sistemas.

H = Carga total (ft de líquido)

$NPSH_r$ = Carga neta positiva de succión requerida (ft líq)

HP = Potencia de la bomba

Subíndice 2= Representa la condición deseada

Subíndice 1= Representa la condición a la cual la operación es conocida.

Las siguientes ecuaciones:

$$GPM_2 = \left(\frac{rpm_2}{rpm_1} \right) \left(\frac{Di_2}{Di_1} \right) GPM_1 \quad \text{Ec.2.b.8}$$

$$H_2 = \left(\frac{rpm_2}{rpm_1} \right)^2 \left(\frac{Di_2}{Di_1} \right)^2 H_1 \quad \text{Ec.2.b.9}$$

$$HP_2 = \left(\frac{rpm_2}{rpm_1} \right)^3 \left(\frac{Di_2}{Di_1} \right)^3 HP_1 \quad \text{Ec.2.b.10}$$

donde:

Di = Diámetro del impulsor.

Pueden ser usadas para evaluar el efecto en la operación de un bomba centrífuga, cuando hay cambios en la velocidad y diámetro del impulsor.

Todas las ecuaciones anteriores dejan de ser exactas cuando la relación de velocidades y/o diámetros es mayor a 2.

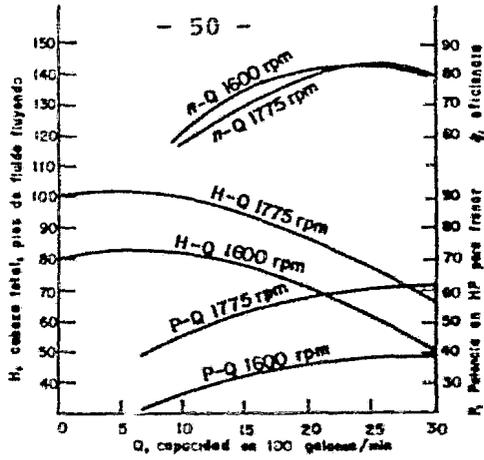
Generalmente las curvas de operación de las bombas muestran el efecto del cambio de velocidad (Ver la figura 2.B.17) y del cambio del diámetro del impulsor (Ver la figura 2.B.18).

CURVAS DE LA BOMBA

Las bombas centrífugas operando a una velocidad constante pueden tener capacidades que van desde cero hasta un cierto valor máximo, que está en función del diseño, tamaño de la bomba y condiciones de succión.

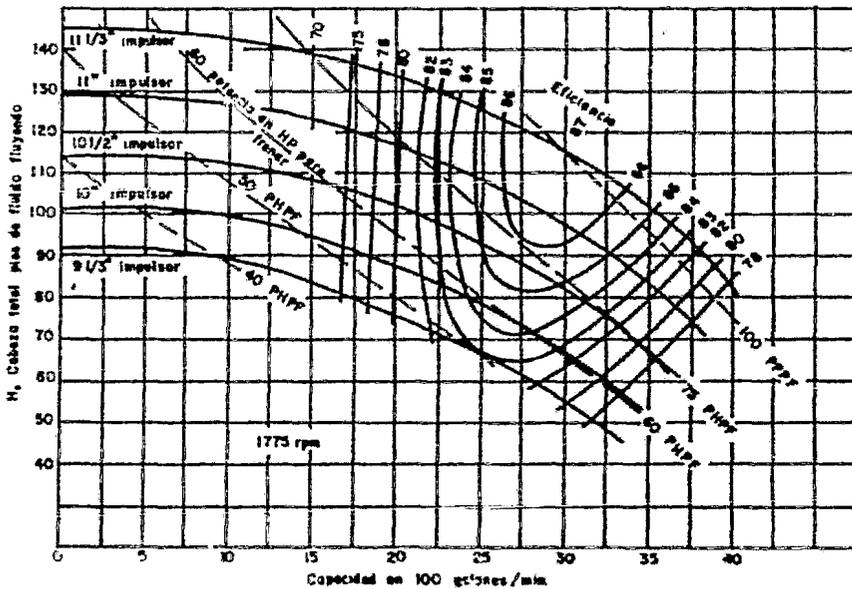
La carga total desarrollada por la bomba, la potencia requerida para accionarla, la eficiencia y el NPSH_r varían con respecto a la capacidad. La interrelación entre estas variables es comúnmente conocida como "características de una bomba". Estas interrelaciones se aprecian más claramente en gráficas que se conocen como "curvas características", en ellas es usual graficar la carga, la potencia, la eficiencia y el NPSH_r contra la capacidad para una velocidad constante, y un mismo ó diferentes diámetros de impulsor. (Ver la figura 2.B.19).

Ejemplos de curvas características de bombas son las siguientes figuras de la Fig. 2.B.20 a la Fig. 2.B.25.



EFFECTOS DEL CAMBIO DE VELOCIDAD EN LAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA

FIGURA 2.B.17



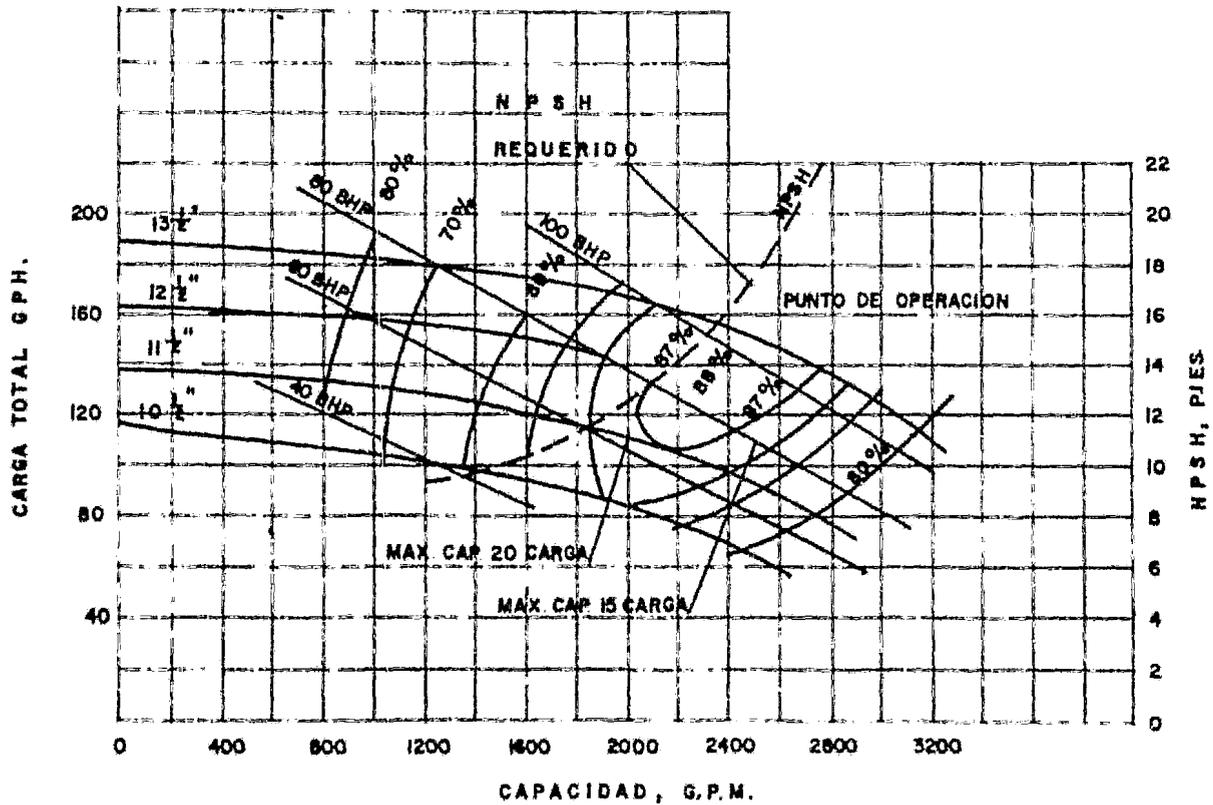
EFFECTOS DEL CAMBIO EN EL DIAMETRO DEL IMPULSOR SOBRE LAS CARACTERISTICAS DE LA BOMBA

FIGURA 2.B.18

FIGURA 2.B.19

DIAMETRO $10\frac{1}{2}$ A $13\frac{1}{2}$ AREA DEL OJO 47in^2

1750 RPM MAX ESFERA $1\frac{1}{8}$ "



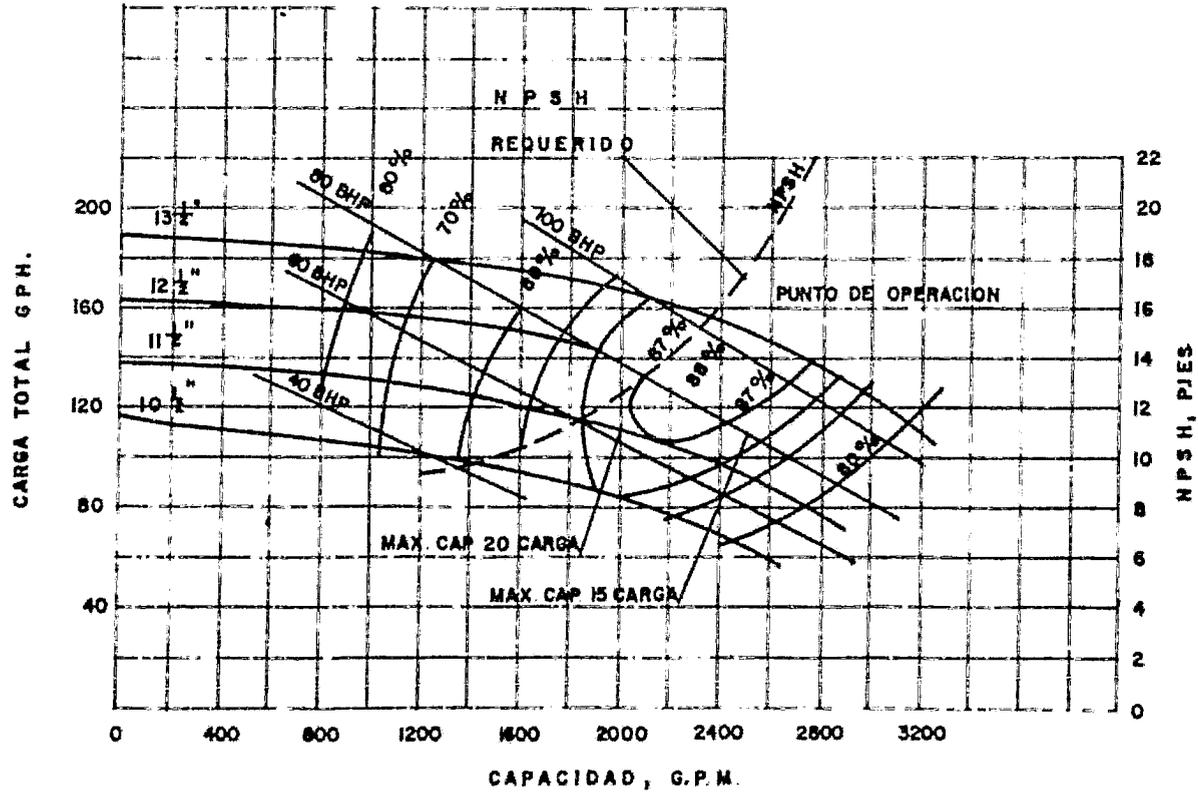
CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

FIGURA 2.B.19

=====

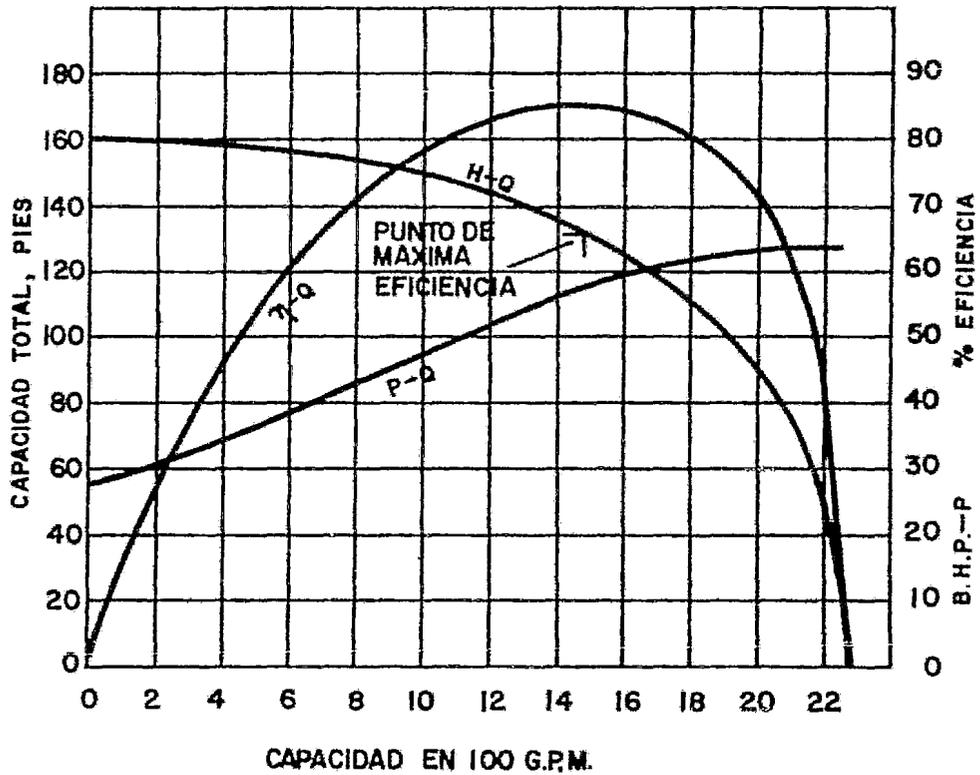
DIAMETRO $10\frac{1}{2}$ A $13\frac{1}{2}$ AREA DEL OJO 47in^2

1750 RPM MAX ESFERA $1\frac{1}{16}$ "



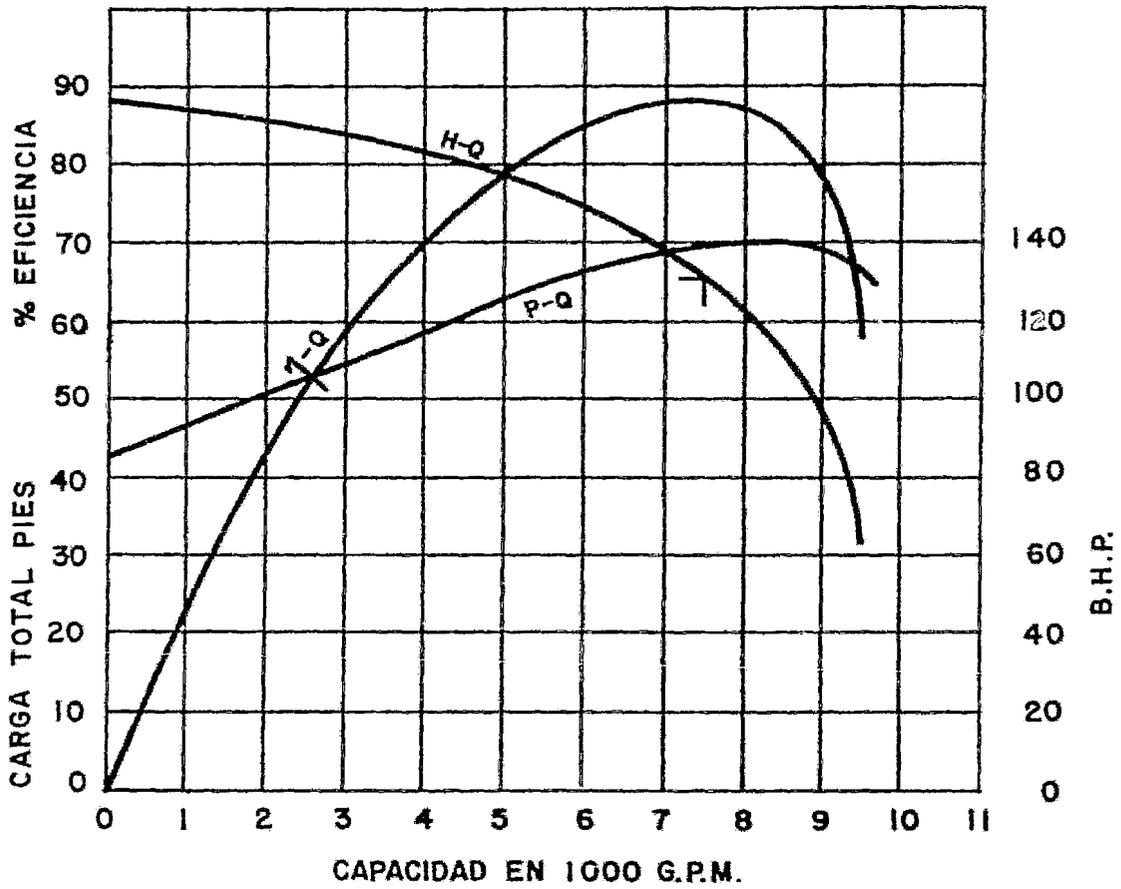
CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

FIGURA 2.B.20



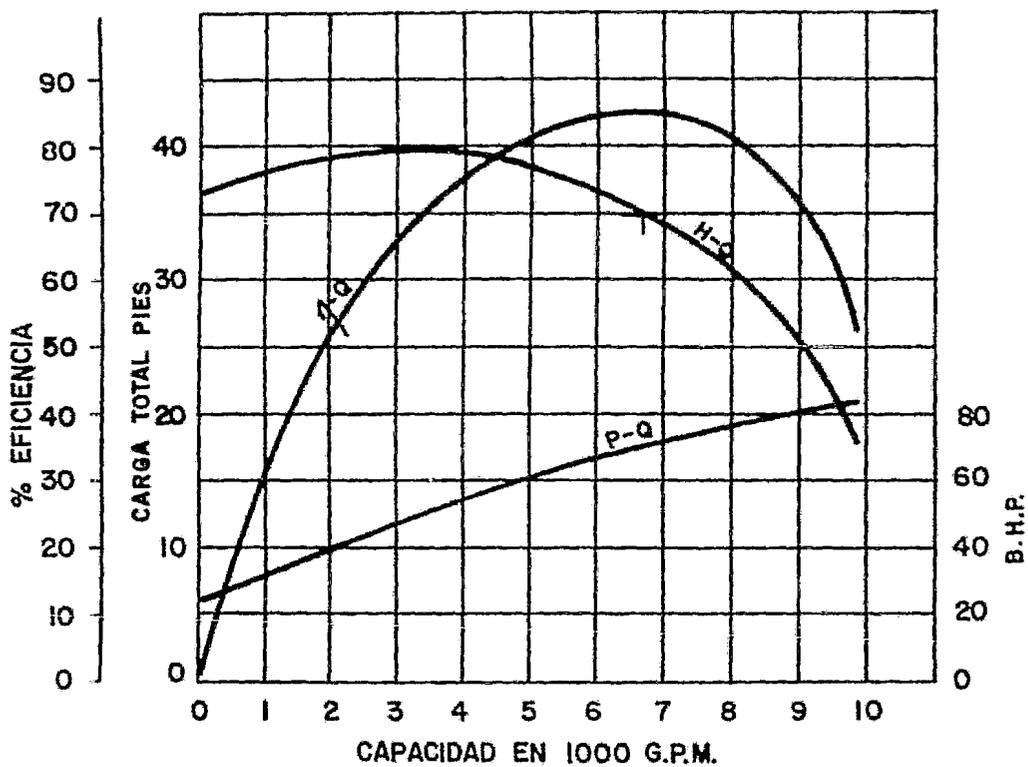
CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS

FIGURA 2.B.21



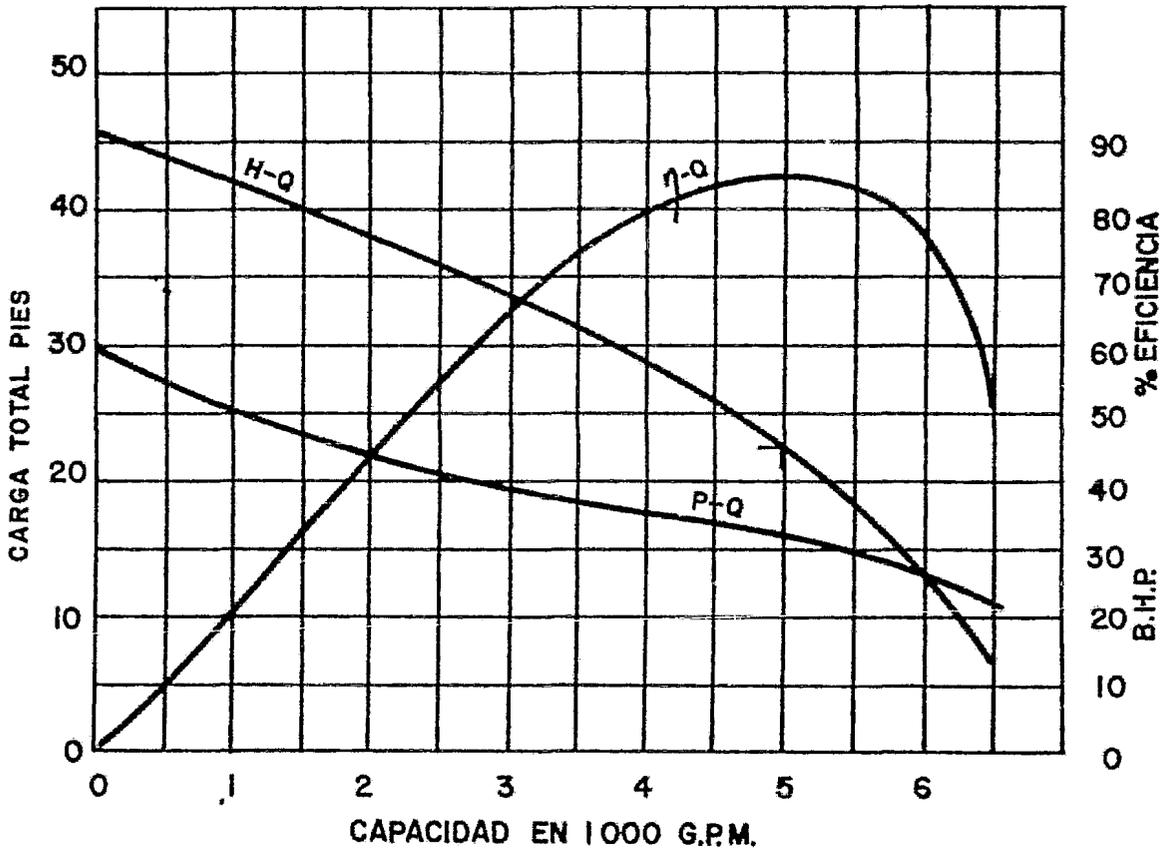
CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS

FIGURA 2.B.22



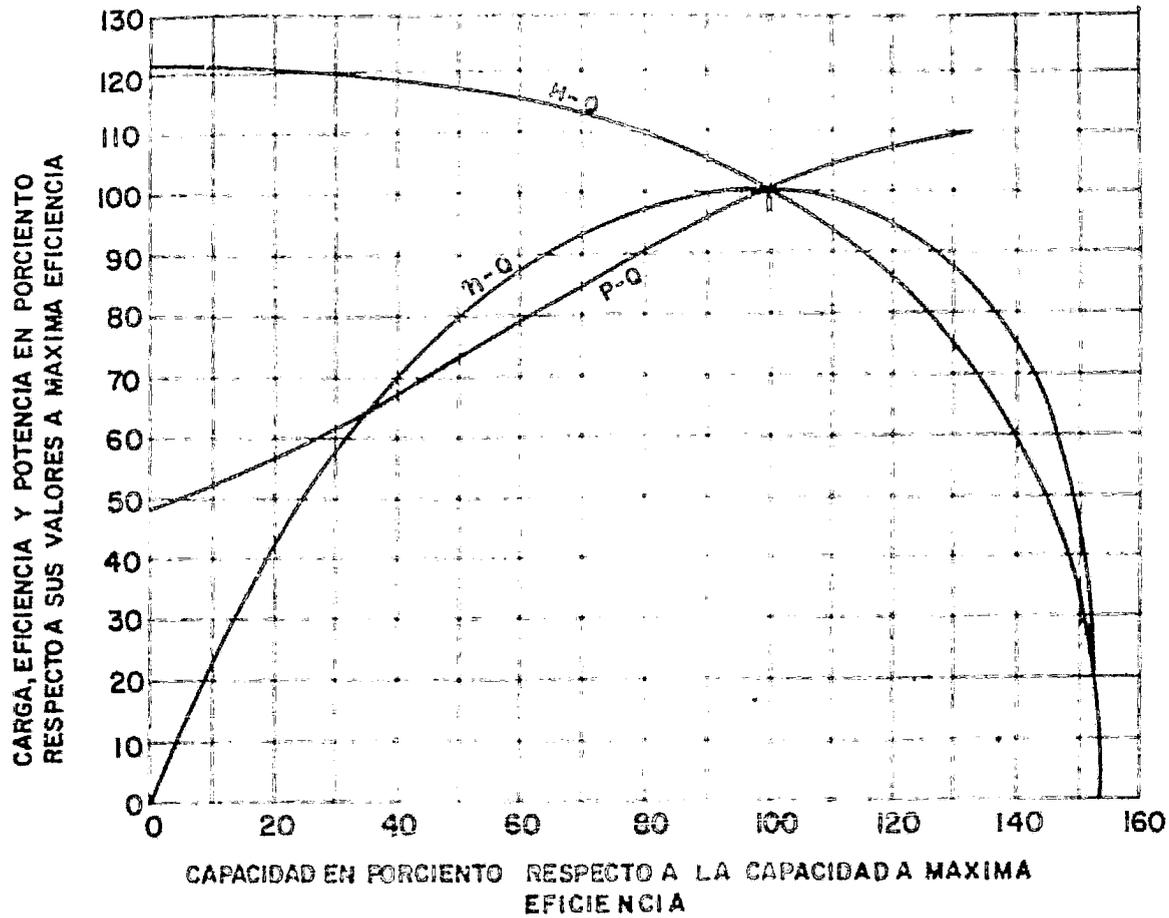
CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS

FIGURA 2.B.23



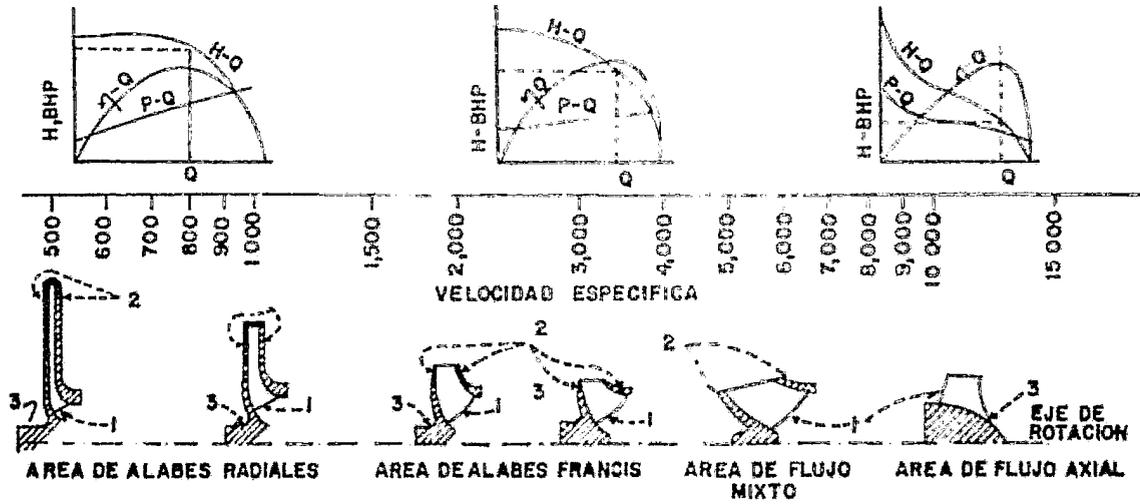
CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS

FIGURA 2.B.24



CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS

FIGURA 2.B.25



CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS EN FUNCION DEL TIPO DE IMPULSOR

- 1- ALABES
- 2.- PARED DEL IMPULSOR
- 3- MAMELON

Los fabricantes de bombas centrífugas generalmente proporcionan las curvas características en función del agua como fluido bombeado, sin embargo, cuando la bomba maneja fluidos con una moderada ó alta viscosidad, su funcionamiento se ve afectado, presentándose un marcado incremento en la potencia al freno, una reducción en la carga así como en la capacidad.

Mediante el uso de la figura 2.B.16 y 2.B.16' podemos de terminar la operación de la bomba cuando se manejan fluidos viscosos y sus curvas de operación son conocidas. La figura 2.B.17 se emplea para bombas con flujos menores a los 100 gpm.

A continuación se presentan las ecuaciones empleadas en la determinación de la operación de la bomba cuando opera con un líquido viscoso:

$$Q_{vis} = C_Q \cdot Q_w \quad \text{Ec.2.b.11}$$

$$H_{vis} = C_H \cdot H_w \quad \text{Ec.2.b.12}$$

$$\eta_{vis} = C_\eta \cdot \eta_w \quad \text{Ec.2.b.13}$$

$$\text{BHP}_{vis} = \frac{Q_{vis} H_{vis} \text{ SPGR}}{3960 \eta_{vis}} \quad \text{Ec.2.b.14}$$

donde:

Q_{vis} = Capacidad de la bomba cuando maneja el fluido viscoso (gpm)

H_{vis} = Carga de la bomba manejando fluido viscoso (ft de lfg)

η_{vis} = Eficiencia de la bomba manejando fluido viscoso

BHP_{vis} = Potencia al freno de la bomba al operar con fluidos viscosos.

C_Q = Factor de corrección para la capacidad

C_H = Factor de corrección para la carga.

C_η = Factor de corrección para la eficiencia.

Subíndice w = Denota que el fluido manejado es agua.

Limitaciones de las figuras

- 1.-No se debe extrapolar.
- 2.-No se debe emplear en bombas de flujo mixto, flujo axial o bien en bombas con un diseño especial para manejar fluidos viscosos
- 3.-Se debe emplear unicamente con fluidos newtonianos.
- 4.-Se deben considerar las limitaciones de las leyes de afinidad

TUBERIA

El conjunto de tuberías y accesorios que existe entre la bomba y el tanque ó la red, se le llamará conducción para poder plantear el problema de la evaluación de las pérdidas de energía que se originan en ella.

Las pérdidas de energía se clasifican en:

1.-Pérdidas Menores ó Locales

Son aquellas que ocurren debido a los accesorios.

2.-Pérdida por Fricción ó Mayores

Se deben al rozamiento del fluido entre sí ó con las paredes de la tubería.

Por el tipo de pérdidas de energía las tuberías se clasifican en:

1.-Cortas

Son de mayor importancia las pérdidas locales si la longitud de la tubería en valor es menor que cuatro veces el radio hidráulico.

2.-Medias

Si la longitud de la tubería está entre 4 y 400 veces el valor del radio hidráulico, influyen los dos tipos de pérdidas de energía.

3.-Largas

Si la longitud de la tubería es mayor a 400 veces el radio hidráulico, imperan las pérdidas por fricción.

Por el tipo de fluido petroquímico que transportan las tuberías se clasifican en:

- 1.-Gases (gasoductos)
- 2.-Tuberías que transportan líquidos volátiles (poliductos)
- 3.-Tuberías para productos no volátiles. (oleoductos)

También la tubería se clasifica en:

1.-Lisa

Porque las asperezas de la pared de la tubería, no sobrepasan el espesor de la capa del fluido que se adhiere a la pared del tubo debido a su viscosidad.

2.-Rugosa

Porque las asperezas de la pared de la tubería son irregulares y afectan el movimiento del fluido, por lo que, cuando se manejan tuberías rugosas se consideran en los cálculos de pérdidas de fricción, la rugosidad relativa (E/D), que es la relación de la rugosidad (E) entre el diámetro de la tubería (D).

DISEÑO DE UNA TUBERIA

Las tuberías deberán diseñarse con un espesor de pared suficiente para soportar la presión interna y las cargas previstas que se le puedan imponer después de su instalación, así como un espesor adicional, en caso necesario para compensar el deterioro previsto por la corrosión. Para ello se emplea la ecuación de Barlow.

$$t = \frac{P_{dis} \times D_e}{2 \times S \times E} + C \quad \text{Ec.2.c.1}$$

donde:

t = Espesor del tubo, (in)

De = Diámetro externo del tubo, (in)

Pdis = Presión de diseño de la tubería, (lb/in² man)

S = Esfuerzo máximo permisible, este valor está en función del material empleado, (lb/in²)

E = Factor de junta longitudinal, ó eficiencia de soldadura de los tramos de tubería.

C = Tolerancia por corrosión. La tolerancia por corrosión, en todos los sistemas de tubería de proceso para servicio no corrosivo o ligeramente corrosivo, donde no se requiera un límite especial de corrosividad, deberá ser de acuerdo con la tabla 2.C.I

La presión interna de diseño para tubería de acero, se determina con la siguiente ecuación:

$$P_{dis} = \frac{2 \cdot S \cdot t}{De} \cdot F \cdot E \cdot T \quad \text{Ec. 2.C.2}$$

donde:

F = Factor de construcción que se selecciona por localización de tubería.

T = Factor de temperatura.

t = Espesor de la pared mínimo requerido para soportar la presión interna de diseño, (in).

Esta presión en el caso de transporte de líquidos inflamables, será la suma de la requerida para vencer la fricción, la de la columna estática y la necesaria para vencer la contrapresión, cuando el sistema se encuentre en condiciones estables de operación.

Este espesor no incluye el valor adicional requerido para soportar presiones y cargas externas. Para los valores de los factores anteriores utilizar las tablas 2.C.II y 2.C.III

TOLERANCIAS POR CORROSION *

TABLA 2.C.I

<u>MATERIAL</u>	<u>TOLERANCIA POR CORROSION</u> (PULGADAS)
ACERO AL CARBON	0.05
ALEACIONES FERRITICAS	0.05
ACEROS AUSTENITICOS	0.0
ALEACIONES NO FERROSAS	0.0

* Para servicio no corrosivo ó ligeramente corrosivo y que no requiera un límite especial de corrosividad.

CLASIFICACION DE LOCALIZACIONES

TABLA 2.C.II

CLASE DE LOCALIZACION

POR AREA UNITARIA DE TERRENO

1	Tiene 10 ó menos construcciones
2	Tiene de 10 a 50 construcciones
3	i) Que tenga más de 50 construcciones. ii) O que en una area menor ó igual de 100 metros de la tuberfa exista una construcción ocupada por 20 ó más personas.
4	Esta destinada a ser zona habitacional.

FACTORES PARA DETERMINAR PRESION INTERNA

TABLA 2.C.III

ESPECIFICACION TUBERIA: API-5LX-G52

CLASIFICACION: TUBERIAS QUE TRANSPORTAN LIQUIDOS VOLATILES

CLASE DE LOCALIZACION	F	E	T	S
1	0.72	1.00	1.00	52000
2	0.72	1.00	1.00	52000
3	0.60	1.00	1.00	52000
4	0.60	1.00	1.00	52000

TIPO	E
Sin costura	1.00
Soldado por resistencia eléctrica	1.00
Soldado por flash eléctrico	1.00
Soldado por arco sumergido	1.00

En donde:

- F Factor de construcción que se selecciona por localización (clase).
- E Factor de junta longitudinal, ó eficiencia de soldadura
- T Factor de temperatura
- S Esfuerzo máximo permisible, lb/plg.²

En las pasadas décadas, el diseño de tuberías era relativamente fácil, actualmente las exigencias de una economía desarrollada y altamente competitiva han llevado a condiciones de elaboración complejas, las cuales adicionan nuevos problemas al diseño de tuberías, en donde, altas presiones requieren grandes espesores en las tuberías o materiales más resistentes

Por lo que especificaciones se han hecho por diseños experimentados en la forma de códigos, muchos de los cuales son legales, y en consecuencia estatutos obligatorios.

La tabla 2.C.IV resume los principales códigos disponibles, como estos códigos están siendo constantemente revisados por ingenieros especializados en diseño de tubería debido a las nuevas investigaciones y materiales, es necesario obtener la información más reciente de estos códigos.

NUMERO DE CEDULA

La Asociación Americana de estándares (ASA) tiene establecidos especificaciones por espesores de pared por número de cédula, basada en las siguientes fórmulas:

$$N^{\circ} \text{ de cédula} = 1,000 \cdot \frac{Ps}{Ss} \qquad \text{Ec.2.c.3}$$

$$N^{\circ} \text{ de cédula} = 2,000 \frac{t}{Dm} \qquad \text{Ec.2.c.4}$$

en donde:

Ps = Presión interna de trabajo, psig

Ss = Esfuerzo admisible de trabajo, psig

t = Espesor de la tubería, in

Dm = Diámetro promedio de la tubería, in

Los números de cédula utilizados son los siguientes: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160. Únicamente los números de cédula: 40, 80, 120 y 160 son surtidos para tubo de acero de tamaño menor de 8 pulgadas de diámetro.

FUENTES DE INFORMACION DE CODIGOS Y ESTANDARES

TABLA 2.C.IV

Asociación Americana de Estandares	A.S.A.
Sociedad Americana de Ing. Mecánicos	A.S.M.E.
Sociedad Americana Para Prueba de Materiales	A.S.T.M.
Instituto Americana de Fierro y Acero	A.I.S.A.
Sociedad de Fabricación Estandarizada	M.S.S.
Instituto Americano Del Petróleo	A.P.I.
Especificaciones Federales	F.S.S.C.
Armada de Estados Unidos	U.S.N.
Instituto Americano De Estandares Nacionales	A.N.S.I.
Instituto de Aleaciones Fundidas	A.C.I.
Asociación de Investigación del Cobre y Latón	C.A.B.R.A.
Asociación Americana de Trabajos para Agua	A.W.W.A.
Normas de Seguridad de Petróleos Mexicanos	N.S.P.M

TAMAÑO NOMINAL DE TUBERIA

La tubería esta especificada en terminos de un tamaño nominal de diámetro,el cual es relacionado a un diámetro exterior independientemente del número de cédula ó espesor.Esto es requerido para asegurar o intercambiar avsesorios.El tamaño nominal de tubo de acero va desde un 1/8 " a 30" (pulgadas).Para tubos de acero de 14" o mayores,el tamaño nominal del tubo es el diámetro exterior.El valor nominal es ligeramente menor que el diámetro externo (de 3 a 12 pulgadas),pero para tubos muy pequeños el diámetro externo real es mucho mayor.La tubería hecha de otros materiales,es también hecha con el mismo diámetro externo como en los tubos de acero,para permitir interconexiones de líneas de tuberías y sustitución de accesorios y válvulas de diferentes materiales cuando sea necesario.

El tamaño de tubería utilizada para intercambiadores de calor (tubing),es indicado por el diámetro externo.El espesor de la pared es especificado por el calibrador Birmingham para alambre (BWG),clasificados por muy ligeros (24) a muy pesados (7),se encuentran disponibles en varios metales,los que incluyen acero,cobre,admiralty,metal Muntz,latón,70-30 cobre-níquel,aluminio-bronce,aluminio y aceros inoxidable.

Los tubos de fierro fundido no han sido completamente estandarizados,la Ascciación Americana de Trabajos Para Agua (A.W.W.A.) ha tenido estandares regionales para tubos para agua y accesorios por muchos años,así como la Asociación Americana de Gas tiene para tubería de gas.

Las aleaciones inoxidables de fundición comunmente usadas en bombas,válvulas y accesorios son diseñadas bajo las especificaciones del Instituto de Aleaciones Fundidas (Alloy Casting Institute).

El cobre y sus aleaciones son comunmente utilizados en procesos químicos en donde la conductividad eléctrica y de calor son factores importantes,estas aleaciones son designadas por la Asociación de Investigación del Cobre y Latón (CABRA).

CARGAS EXTERNAS

En el diseño de tuberías deben considerarse las cargas externas que pueden preverse actuarán sobre la tubería, como se rifan: terremotos, vibraciones, y expansión ó contracción térmica.

REFUERZOS ADICIONALES

Los tubos y otros componentes deben ser soportados ó anclados de manera que no les cause esfuerzos localizados excesivos. Al diseñar aditamentos para las tuberías, deben considerarse los esfuerzos adicionales que deberá soportar la pared de la tubería, para compensarlos.

FLEXIBILIDAD Y EXPANSION

Las tuberías largas: deben diseñarse de manera que tenga suficiente flexibilidad para prevenir contracciones ó expansiones que se produzcan en forma excesiva; esfuerzos en el material del tubo, momentos de flexión en las uniones o esfuerzos en puntos de conexión del equipo, en las anclas ó en las guías. En líneas enterradas sólo es necesario calcular la expansión, si se espera cambios de temperatura significativos. La expansión térmica de las líneas enterradas puede causar movimientos en los lugares donde termina la línea ó donde cambia de dirección ó de diámetro. De no restringirse los movimientos de la tubería con las anclas adecuadas, deberá preverse la flexibilidad de la tubería.

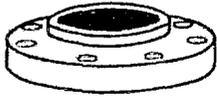
ACCESORIOS

Ver las figuras 2.C.1 y 2.C.2

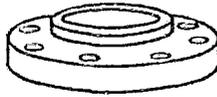
Válvulas

Todas las válvulas deben ser capaces de soportar las condiciones máximas de operación previstas en el tramo considerado y deben ser de acero. Las válvulas de compuerta, bola, macho o de retención, (ver las figuras 2.C.3 a 2.C.5) deberán someterse a la prueba hidrostática.

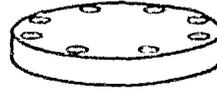
- 70 -
CONEXIONES Y VALVULAS



Brida ó pestaña
con rosca

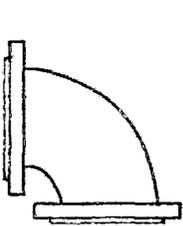


Brida ó pestaña de
puesto rosada

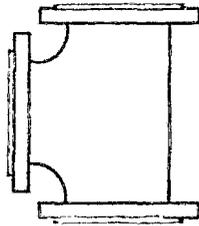


Brida ó pestaña
ciega

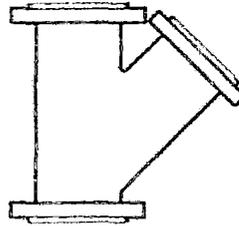
JUNTAS CON PESTAÑA



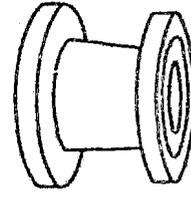
(a) Codo



(b) T



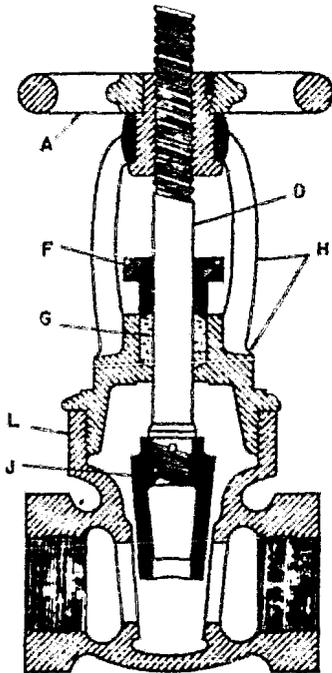
(c) T inclinada



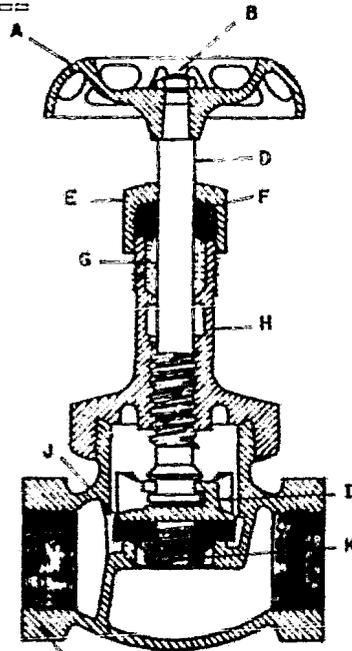
(d) Reduccion con pestañas

CONEXIONES CON PESTAÑA

FIGURA 2.C.1



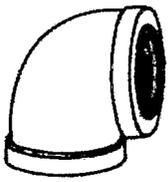
(a)



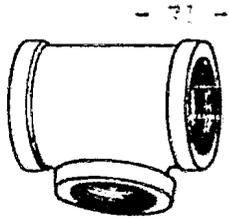
(b)

CORTES LONGITUDINALES DE (a) VALVULA DE GLOBO, Y (b) VALVULA COMPUERTA

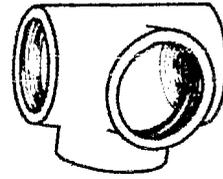
- | | | | |
|----------------------|-------------------|--------------------|------------------|
| A—RUEDA | E—NUEZ DE BLOQUEO | H—BONETE | K—NUEZ DEL DISCO |
| B—TUERCA DE LA RUEDA | F—LINTERNA | I—SOSTEN DEL DISCO | L—CUERPO |
| C—VASTAGO | G—EMPAGUE | J—DISCO | |



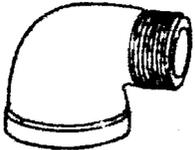
CODO A 90°



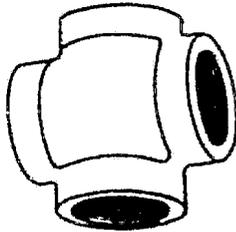
"T" PLANA



"T" PLANA CON SALIDA LATERAL



CODO DE REDUCCION A 90°



CRUZ

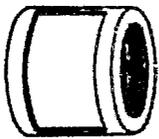


TAPA



REDUCCION

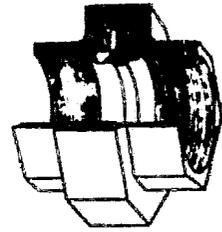
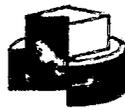
FIGURA 2.C.2



COUPLE



TAPONES



TUERCA UNION

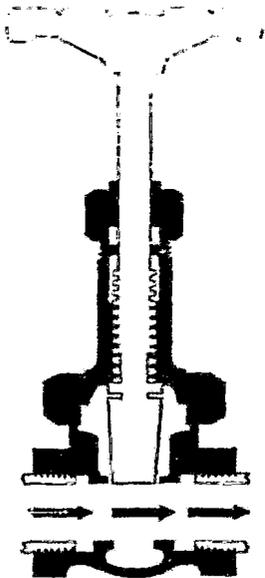


MPLES

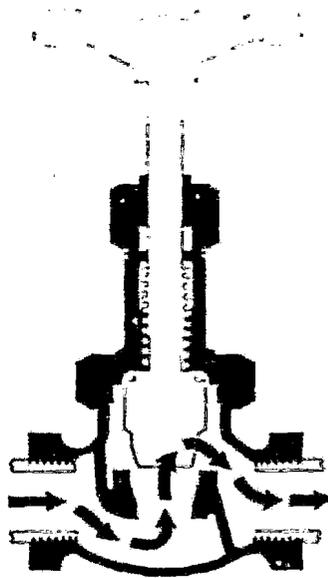


BUSHINGS O CASQUILLOS

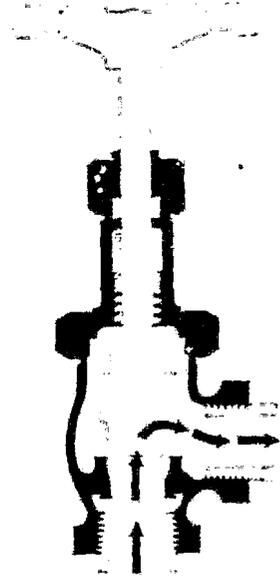
CONEXIONES



a) Valvula de compuerta



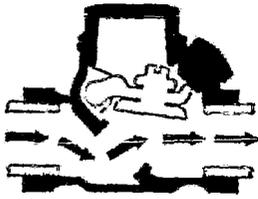
b) Valvula de globo



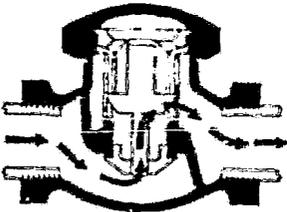
c) Valvula de bola

TIPOS DE VALVULAS

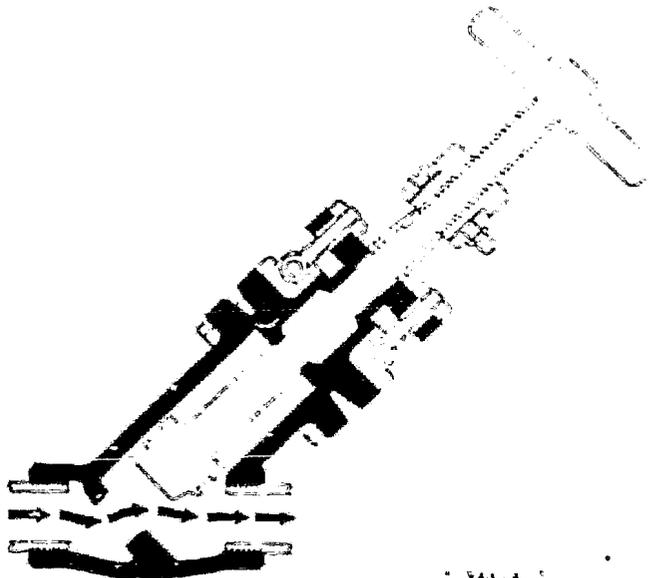
FIGURA 2.c.3



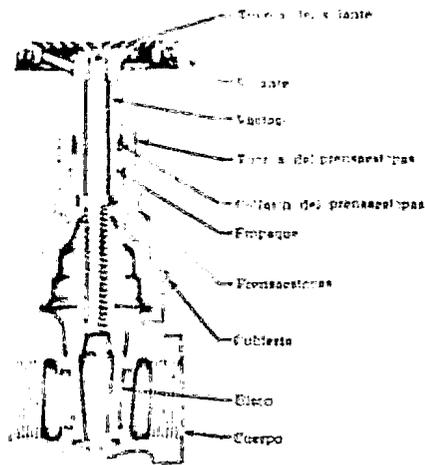
d) Valvula de compuerta



e) Valvula de compuerta de refrenacion



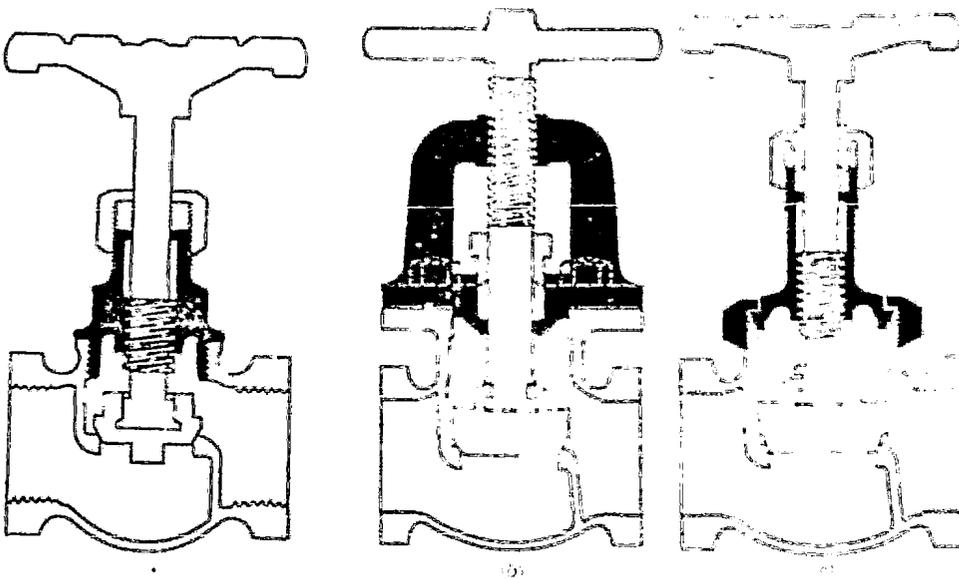
f) Valvula de bola



Partes de la válvula

VALVULAS

FIGURA 2.C.4



Diseños de cubiertas de válvulas. (a) Cubierta atornillada. (b) Cubierta bridada atornillada vástago y horquilla exterior. (c) Cubierta de unión.

SIMBOLOGIA DE VALVULAS

FIGURA 2.C.5

DESCRIPCION	REPRESENTACION	DES. RIFIDA	ESTANDAR	DESCRIPCION	REPRESENTACION	DESCRIPCION	ESTANDAR
COMPUERTA		CHECK		DE CONTROL DE FLUJO		CONTROL MANUA	
BOCLA		DE PIE		DE FLUJO		DE CONTROL DE FLUJO	
GLOBO		ANGULO		DE CONTROL DE FLUJO EN POSICION DE CERRADO		DE CONTROL DE FLUJO EN POSICION DE CERRADO	
AGUJA		3 VIAS		DE CONTROL DE FLUJO EN POSICION DE CERRADO			
MAGROSA		4 VIAS		DE CONTROL DE FLUJO EN POSICION DE CERRADO			
MACHO		DE CIERRE MAN		DE CONTROL DE FLUJO EN POSICION DE CERRADO			
MACHO 3 VIAS		BOCLA PARA CONTROL DE FLUJO EN POSICION DE CERRADO					
MACHO 4 VIAS		BOCLA PARA CONTROL DE FLUJO EN POSICION DE CERRADO					

A continuación se describen el tipo de válvulas que tiene una conducción.

1.-Válvulas de Seccionamiento

Estas válvulas se localizarán en las partes a continuación descritas, y el mecanismo para accionarlas será fácilmente accesible, las válvulas estarán protegidas y debidamente soportadas para prevenir el hundimiento de la válvula por movimiento de la tubería.

1.1.-En la succión y descarga de las estaciones de bombeo, de manera que permitan el bloqueo del equipo de la estación, en caso de emergencia.

1.2.-Sobre las tuberías troncales en lugares a lo largo del trayecto, en tal forma que se disminuya el peligro de daños por la fuga de productos, bloqueando tramos tanto a campo abierto como en lugares cercanos a ciudades ó zonas pobladas.

1.3.-En cada tubería desviada de una línea troncal de manera que permita cortar el flujo de la tubería lateral, sin interrumpir el flujo en la línea troncal.

1.4.-Sobre cada tubería que llega ó sale de un patio de tanques de almacenamiento, de manera que permita el bloqueo del patio de otras instalaciones.

1.5.-A cada lado de depósitos de agua para consumo humano.

2.-Válvulas de Purga

Se colocan en la parte baja de la conducción y sirven para limpiarla de los azolves que se hayan acumulado (sólo se instalan si la conducción es larga y generalmente son del tipo de compuerta).

3.-Válvulas de Retención

Impide que el líquido en la tubería fluya en los dos sentidos. Y se instalan tanto en la tubería de descarga de la bomba para evitar que las ondas del golpe de ariete al cerrar una válvula lleguen hasta la bomba, como en la tubería de succión de la bomba para evitar pérdida de fluido al parar la bomba y para mantener el cebado de la misma.

4.-Válvulas Relevadoras de Presión

Se usan para disminuir el efecto del golpe de ariete, ya que cuando la presión interna en la tubería sobrepasa la resistencia del resorte éstas se abren permitiendo la salida del fluido.

5.-Válvulas de Inclusión y Expulsión de Aire

Sirven para expulsar el aire que puede haber entrado en la tubería mezclado con el fluido, ó bien para que al producirse el vacío en la tubería dejen entrar al aire a la misma y eviten que la tubería se aplaste debido a la presión atmosférica. En general se colocan en las partes altas de la línea de tuberías.

6.-Válvulas de Control

En este caso de gasto que pasa por la tubería. En seguida se da un procedimiento de cálculo para este tipo de válvulas

Procedimiento de Cálculo

6.1.-Datos Requeridos

Q_L	flujo normal	m^3/h
$Q_{máx}$	flujo máximo	"
P_1	presión de entrada	Kg/cm^2 abs
P_2	presión de salida	" abs
ΔP	caída de presión	"

t	temperatura de operación	°C
Pv	presión de vapor del líq. a t	Kg/cm ² abs.
ρ_L	densidad	g/cm ³
	viscosidad	cp
ρ'_L	densidad relativa	
Km	Coefficiente de recuperación de presión (De la fig. 2.C.6)	

6.2 Cálculo del Cv

Cv que es el factor de capacidad que se define como el número de galones por minuto de agua a 60°F que fluye a través de una válvula con una caída de presión de 1 lb/in².

$$Cv = Q_L \sqrt{\frac{\rho'_L}{\Delta P}} \quad \text{Ec. 2.c.5}$$

6.3 Corrección por caída de presión permisible

6.3.1 De la figura 2.C.7 ó 2.C.8 se obtiene el valor de la relación de presión crítica : r_p

6.3.2 Cálculo de la caída de presión permisible (ΔP_p)

$$\Delta P_p = Km (P_1 - r_p Pv) \quad \text{Ec. 2.c.6}$$

6.3.3 Cálculo del nuevo Cv

$$Cv = Q_L \sqrt{\frac{\rho'_L}{\Delta P_p}} \quad \text{Ec.2.c.7}$$

6.4 Corrección por viscosidad

6.4.1 Verificación del número de Reynolds

6.4.1.1 Válvula de puerto sencillo ó tipo bola

$$N_{Re} = 75957 \frac{Q_L \rho_L}{Cv} \quad \text{Ec.2.c.8}$$

FIGURA 2.C.6

=====

COEFICIENTES PROMEDIO DE RECUPERACION DE PRESION

K_m y C_1

TIPO DE VALVULA		K_m (LIQUIDOS)	C_1 (GAS Y VAPOR)
MARIPOSA	COLA DE PESCADO	0.43	16
	CONVENCIONAL	0.55	24.7
BOLA	BOLA EN "V" BOLA MODIFICADA ETC.	0.40	22
	BOLA DE AREA TOTAL	0.30	20
GLOBO CONVENCIONAL	PUERTO DOBLE Y SENCILLO (PUERTO COMPLETO)	0.75	35
	PUERTO DOBLE Y SENCILLO (PUERTO REDUCIDO)	0.65	35
	TRES VIAS	0.75	31
ANGULO	FLUJO TIENDE A ABRIR (CUERPO ESTANDAR)	0.85	34
	FLUJO TIENDE A CERRAR (CUERPO ESTANDAR)	0.50	26
	FLUJO TIENDE A ABRIR (SALIDA TIPO VENTURI)	0.20	16
GLOBO	CUERPO DIVIDIDO	0.80	35

NOTA. ESTOS DATOS SE UTILIZARAN SOLO EN CASO DE QUE NO SEAN SUMINISTRADOS POR EL FABRICANTE.

FIGURA 2.C.7

=====

RELACION DE PRESION CRITICA (AGUA)

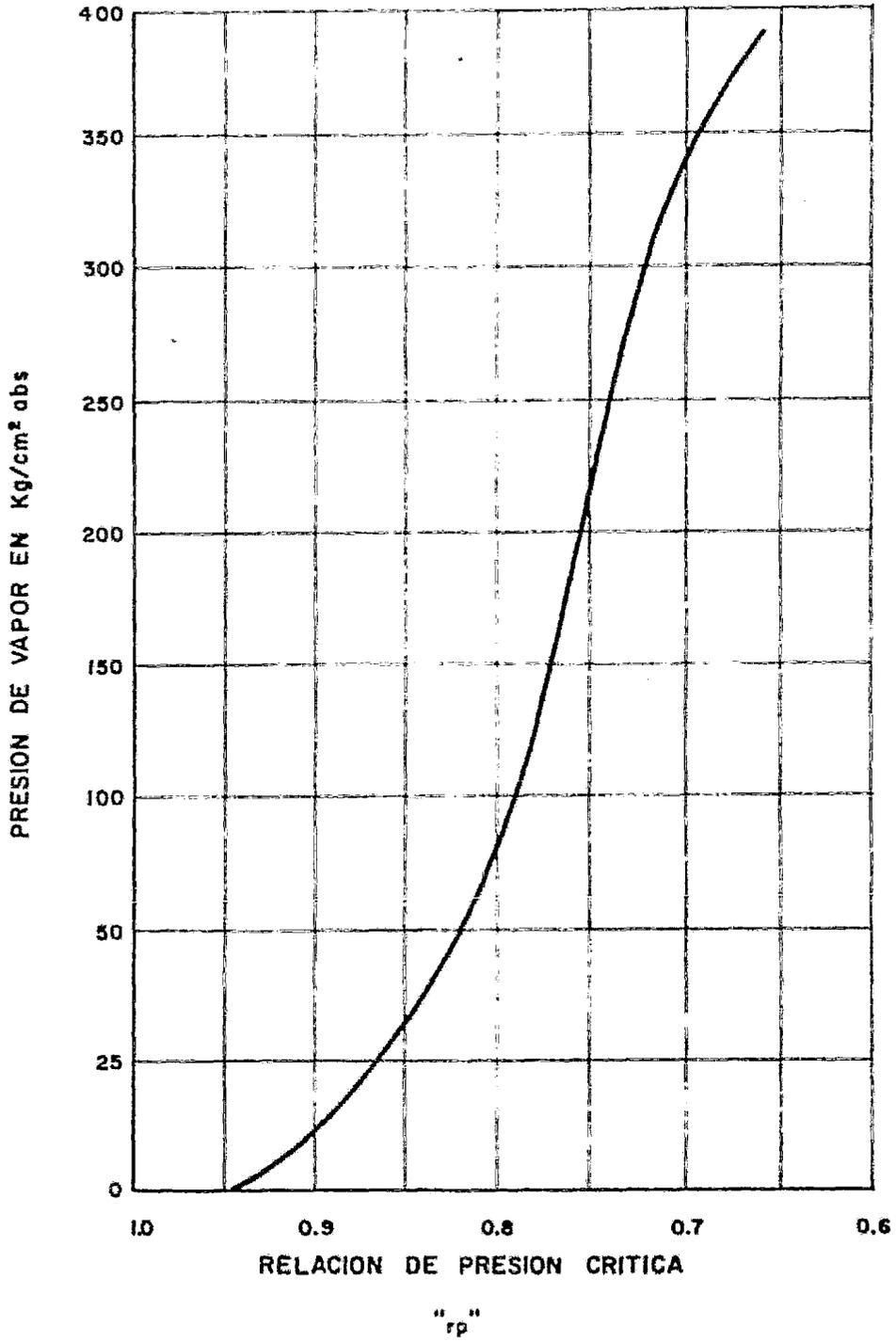
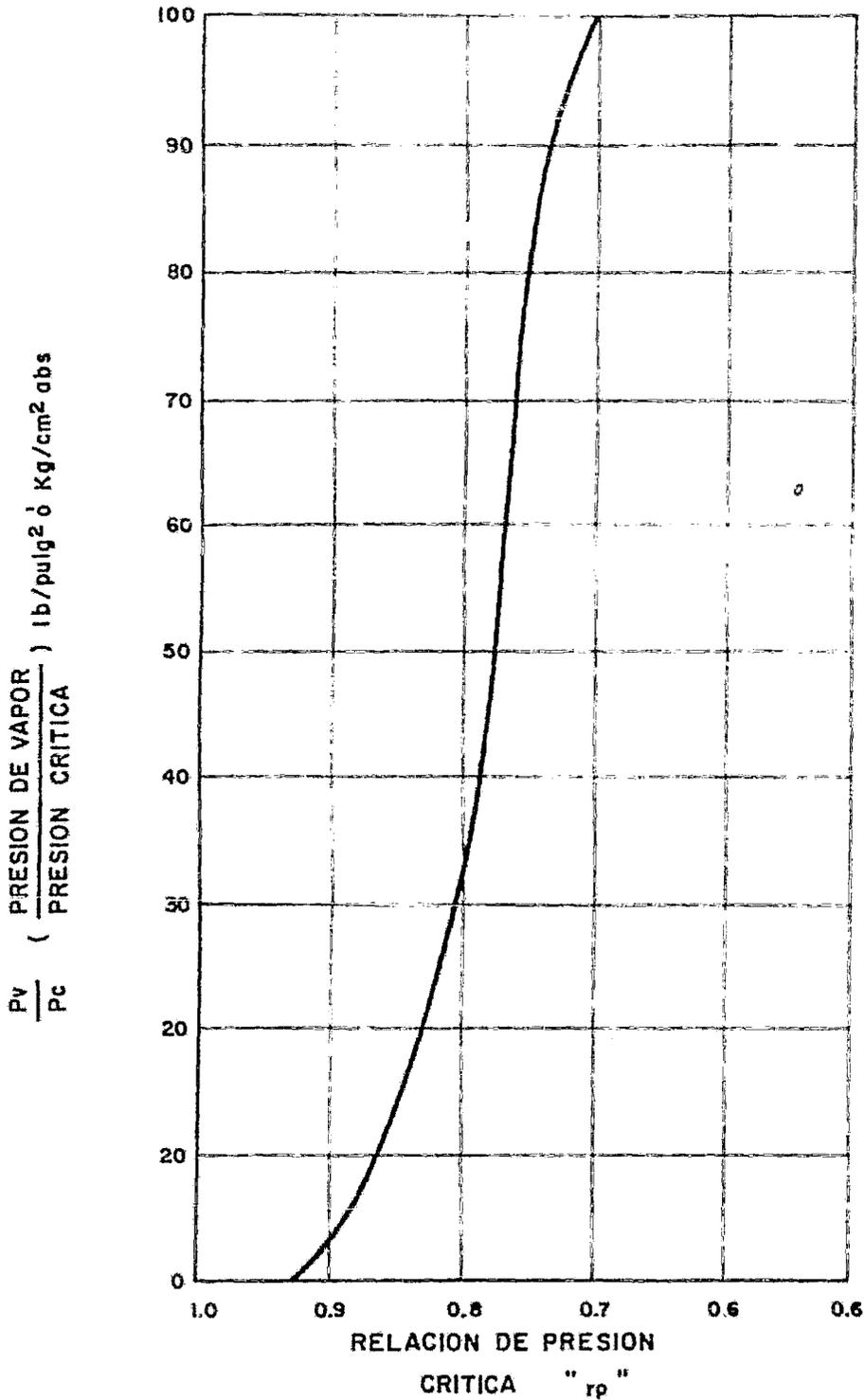


FIGURA 2.8⁶⁰
=====

RELACION DE PRESION CRITICA
(LIQUIDOS DIFERENTES DEL AGUA)



6.4.1.2 Válvula de puerto doble ó tipo mariposa

$$N_{Re} = 53720 \frac{Q_L \rho_L}{Cv} \quad \text{Ec.2.c.9}$$

6.4.2 Cálculo del factor de corrección (Fv)

Con el N_{Re} y la figura 2.C.9 se obtiene el valor de Fv

6.4.3 Cálculo del factor de capacidad real (C_{vr})

$$C_{vr} = Cv Fv \quad \text{Ec.2.c.10}$$

6.5 Tipo y tamaño de válvula

Con las tablas del proveedor y el C_{vr} calculado se determina el tipo de válvula, % de abertura a flujo normal, característica y tamaño de la válvula escogida.

Bridas

Se deben emplear bridas de acero ó de hierro fundido y deben ser capaces de soportar la máxima presión a que se opere la tubería, manteniendo sus propiedades físicas y químicas a cualquier temperatura a la que esté previsto el servicio de la tubería.

Conexiones

Deben ser adecuados para el servicio previsto y por lo menos tan resistentes como la tubería y otras conexiones del sistema al que se instalará. Ejemplos de conexiones son: codos, tees, retornos, cruces, reducciones, etc.

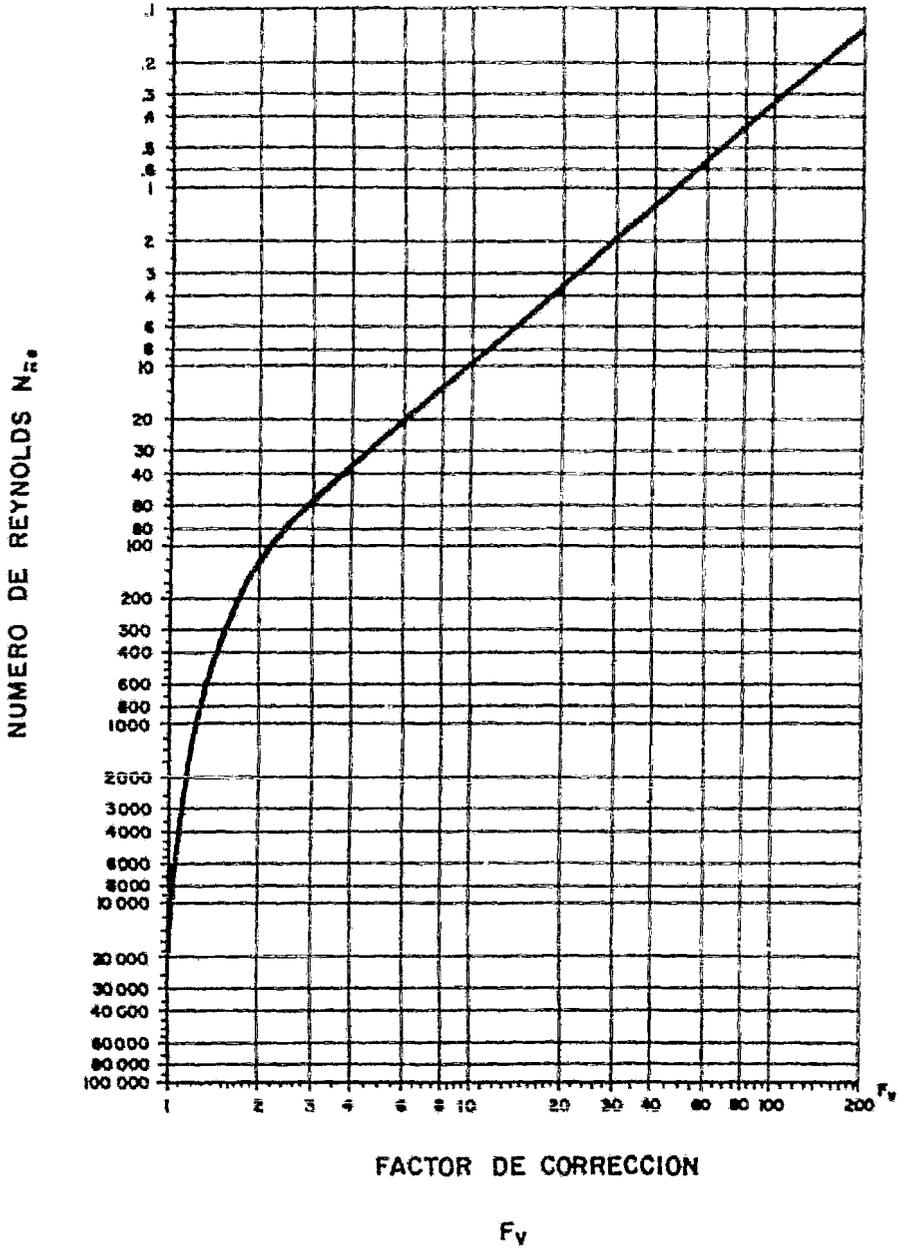
GOLPE DE ARIETE

Se le llama así al efecto de abrir ó cerrar rápidamente una válvula, siendo estos efectos los siguientes:

FIGURA 2.C.9

=====

CORRECCION POR VISCOSIDAD



Al cerrar rápidamente una válvula disminuye la energía cinética del fluido y por el principio de conservación de energía ésta se va transformando en un trabajo de compresión del fluido que llena la tubería y en el trabajo necesario para dilatar esta última, se ha producido un golpe de ariete positivo ó una sobrepresión. Por el contrario al abrir rápidamente una válvula se puede producir una depresión ó golpe de ariete negativo.

El estudiar estos efectos nos sirva para calcular el espesor de la tubería requerido para resistirlos, como aminorarlos y como preveer las sobrepresiones ó depresiones en la instalación.

BALANCE DE ENERGIA

Para poder determinar la cantidad de energía (trabajo) que requiere proporcionar la bomba ó bombas al fluido, necesitamos efectuar un balance de energía en nuestro sistema.

Considerando el sistema en equilibrio mostrado en la Fig.2.D.1, el balance de energía tendría la siguiente forma:

$$144 P_1 + Z_1 \rho_1 g + \frac{v_1^2 \rho}{gc} = 144 P_2 + Z_2 \rho_2 g + \frac{v_2^2 \rho}{gc} \quad \text{Ec.2.d.1}$$

donde:

- P = presión, psia
- Z = altura del recipiente, ft
- ρ = densidad del fluido a la temp. de operación, lb/ft³
- v = velocidad lineal promedio del fluido, ft/seg
- g = aceleración de la gravedad, 32.17 ft/seg²
- gc = factor de conversión, 32.17 ft lb/lbf seg²
- α = factor por el efecto de distribución del perfil de velocidad en el ducto.

Si la ecuación anterior la dividimos por la densidad (ρ) obtenemos el balance en términos de energía por unidad de masa:

$$144 \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{Z_1 g}{gc} + \frac{v_1^2}{2gc\alpha} = 144 \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{Z_2 g}{gc} + \frac{v_2^2}{2gc\alpha} \quad \text{Ec.2.d.2}$$

En este sistema no se esta considerando la energía proporcionada por la bomba, ni las pérdidas de presión por fricción en tubería y equipo de proceso.

Si consideramos que el flujo va del punto 1 al punto 2 de acuerdo a la figura 2.D.2 el balance de energía sería:

$$144 \frac{P_1}{\rho_1} + \frac{Z_1 g}{gc} + \frac{v_1^2}{2gc\alpha} + W_b = 144 \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{Z_2 g}{gc} + \frac{v_2^2}{2gc\alpha} + H_{fs} \quad \text{Ec.2.d.3}$$

FIGURA 2.D.1

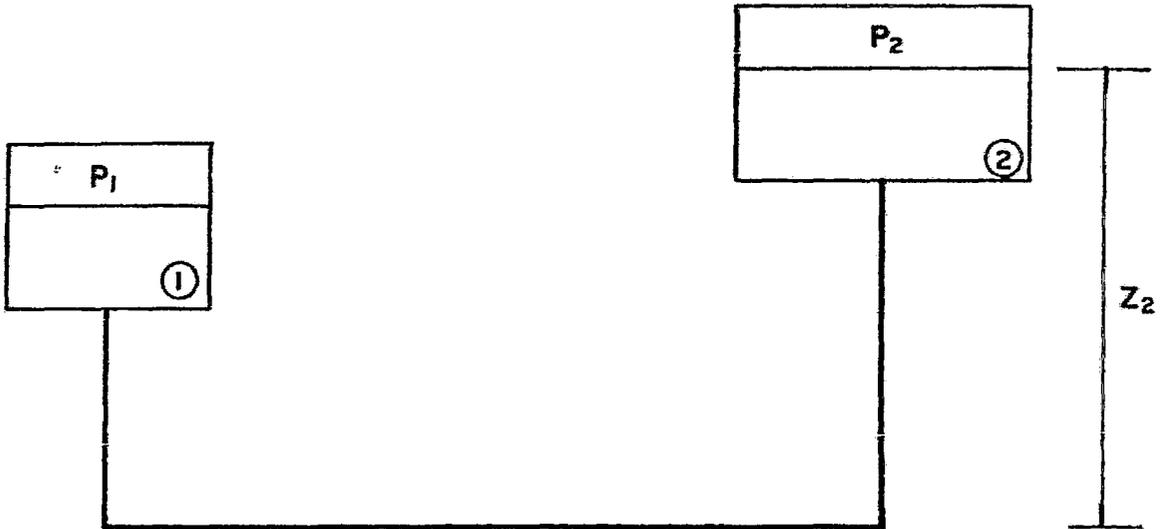
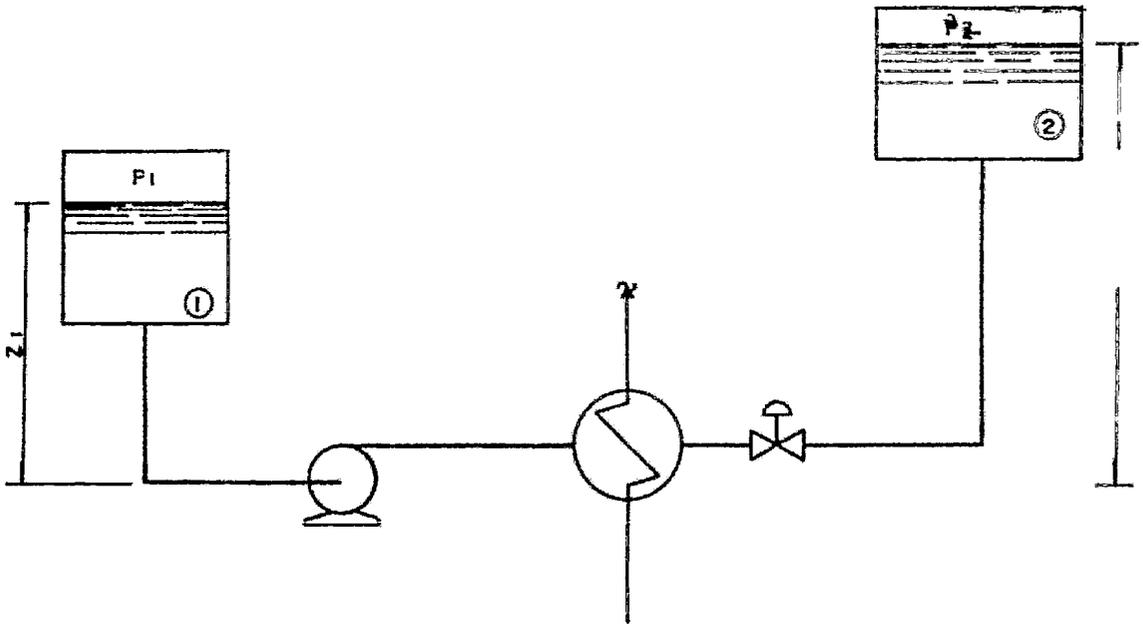


FIGURA 2.D.2
=====



donde:

- 87 -

W_b = Trabajo realizado por la bomba, ft lbf/lb

H_{fs} = Suma de pérdidas de energía por fricción en tubería y equipo de proceso, ft lbf/lb

El término $144 P/\rho$ corresponde a la energía de presión que es transportada por el fluido como resultado de haber sido introducido en el sistema, δ es presión del sistema.

El término Zg/gc corresponde a la energía potencial que es debida a la posición del fluido con respecto a un plano de referencia, el cuál es perpendicular a la fuerza de gravedad.

El término $v^2/2gc\alpha$ es la energía cinética debida al movimiento del fluido y esta considerado el factor α para tomar en cuenta el efecto de distribución de la velocidad en el ducto ya que es máxima en el centro del ducto y prácticamente nula en las paredes (Ver la Fig. 2.D.3). Es común ignorar el efecto de α y hacerlo igual a la unidad, debido a que en flujo turbulento $\alpha \approx 1$ y en flujo laminar el término $v^2/2gc\alpha$ es muy pequeño comparado con los otros términos de la ecuación.

El término W_b corresponde a la energía proporcionada al sistema por la bomba para que se tenga flujo del punto 1 al 2.

El término H_{fs} representa la suma de pérdidas de energía por fricción en la tubería, válvulas, accesorios y equipo de proceso.

En este balance las unidades de los diferentes términos que lo componen son: ft lbf/lb a las que se les denomina unidades de carga (pies de líquido).

Se entiende por carga, la presión que ejerce una columna de líquido, de una altura dada sobre una superficie. Es importante hacer notar que es el peso del líquido el que produce la presión. En la Fig. 2.D.4 se presenta un diagrama para convertir de unidades de carga a otras unidades de presión.

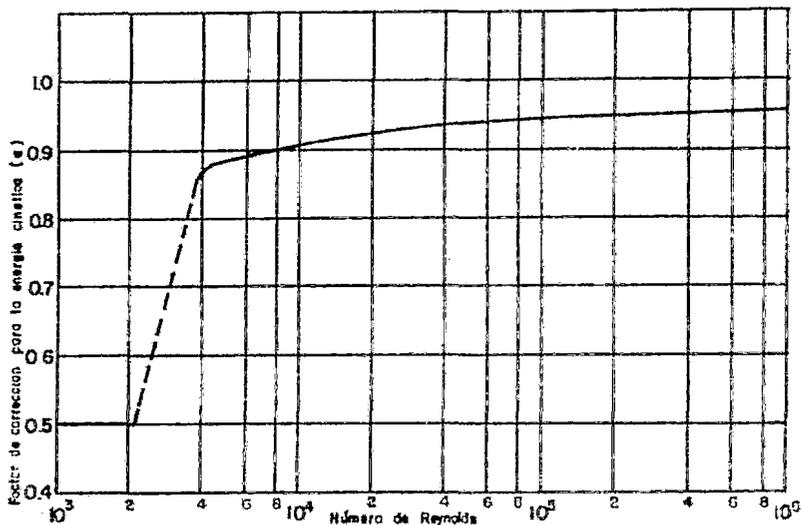
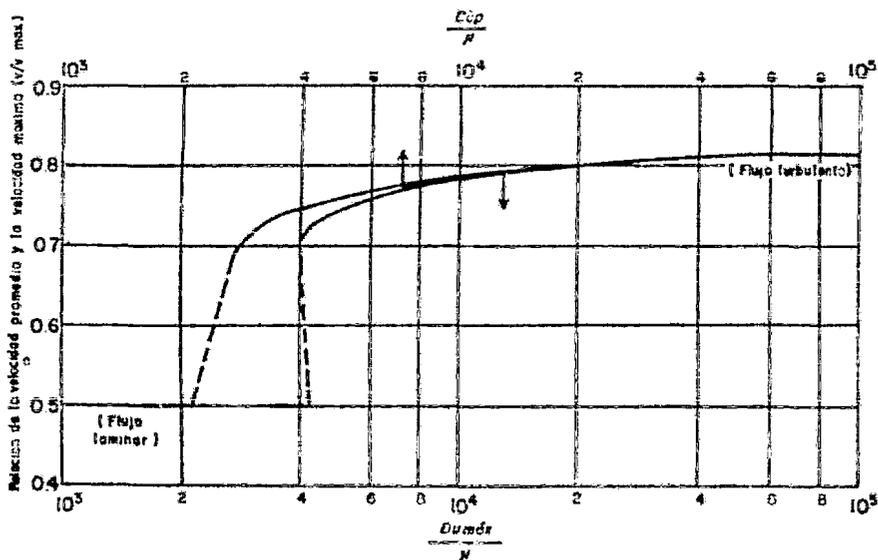


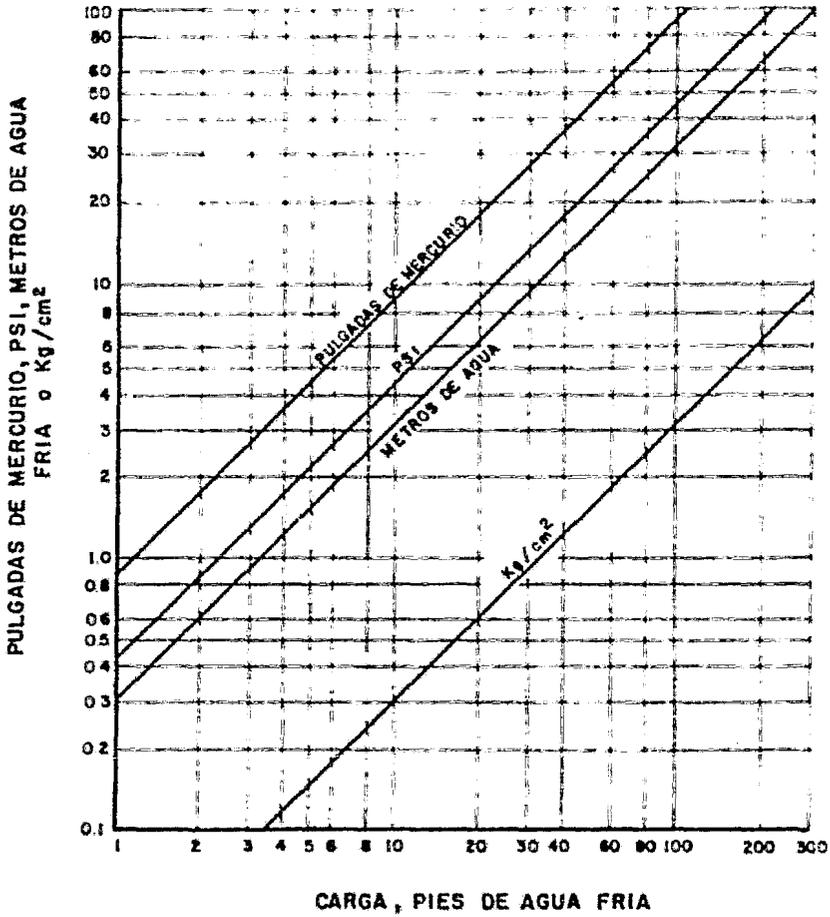
FIG 2.D.3 FACTOR DE CORRECCION PARA LA ENERGIA CINETICA COMO UNA FUNCION DEL NUMERO DE REYNOLDS

FIGURA 2.D.3



RELACION ENTRE LA VELOCIDAD PROMEDIO Y LA VELOCIDAD MAXIMA PARA CORRIENTE A TRAVES DE CONDUCTOS CIRCULARES

FIGURA 2.D.4



CONVERSION DE UNIDADES DE CARGA A PRESION

Las pérdidas de presión por fricción pueden determinarse con la siguiente ecuación:

$$H_{fs} = \frac{f_D L v^2}{2 g_c D_i} \quad \text{Ec.2.d.4}$$

donde:

D_i = diámetro interno de la tubería, ft

L = longitud de la tubería más la longitud de accesorios, ft

f_D = es el factor de fricción de Darcy ($f_D = 4 f$, en donde f es el factor de fricción de Fanning). Para evaluar este factor es necesario contar con los valores de rugosidad relativa (E/D) y el número de Reynolds (N_{Re}) y emplear las figuras 2.D.5 y 2.D.6.

Para la evaluación del número de Reynolds se pueden utilizar las siguientes expresiones:

$$N_{Re} = \frac{124 \rho v D_i}{\mu} = \frac{50.7 Q \rho}{D_i \mu} = \frac{6.32 W}{D_i \mu} = \frac{1.4791 \rho \text{BPD}}{D_i \mu} \quad \text{Ec.2.d.5}$$

donde:

μ = viscosidad del fluido, cp

ρ = densidad del fluido, lb/ft³

v = velocidad del fluido, ft/lb

Q = flujo del fluido, gpm

W = flujo másico del fluido, lb/h

BPD = flujo del fluido, barriles por día

El término L (en la Ec.2.d.4), corresponde a la longitud total, esto es la longitud de tramos rectos de la tubería más la longitud equivalente a tramos rectos por accesorios.

$$L_{\text{total}} = L_{\text{tubería recta}} + L_{\text{accesorios}}$$

Las figuras 2.D.7 a 2.D.9 nos dan la longitud equivalente de los accesorios

FIGURA 3.9.3

ASPEREZA RELATIVA COMO UNA FUNCION DEL DIAMETRO PARA
TUBERIA DE VARIOS MATERIALES
(Moody, L. F., Trans, ASME, 66, 671-84(1944))

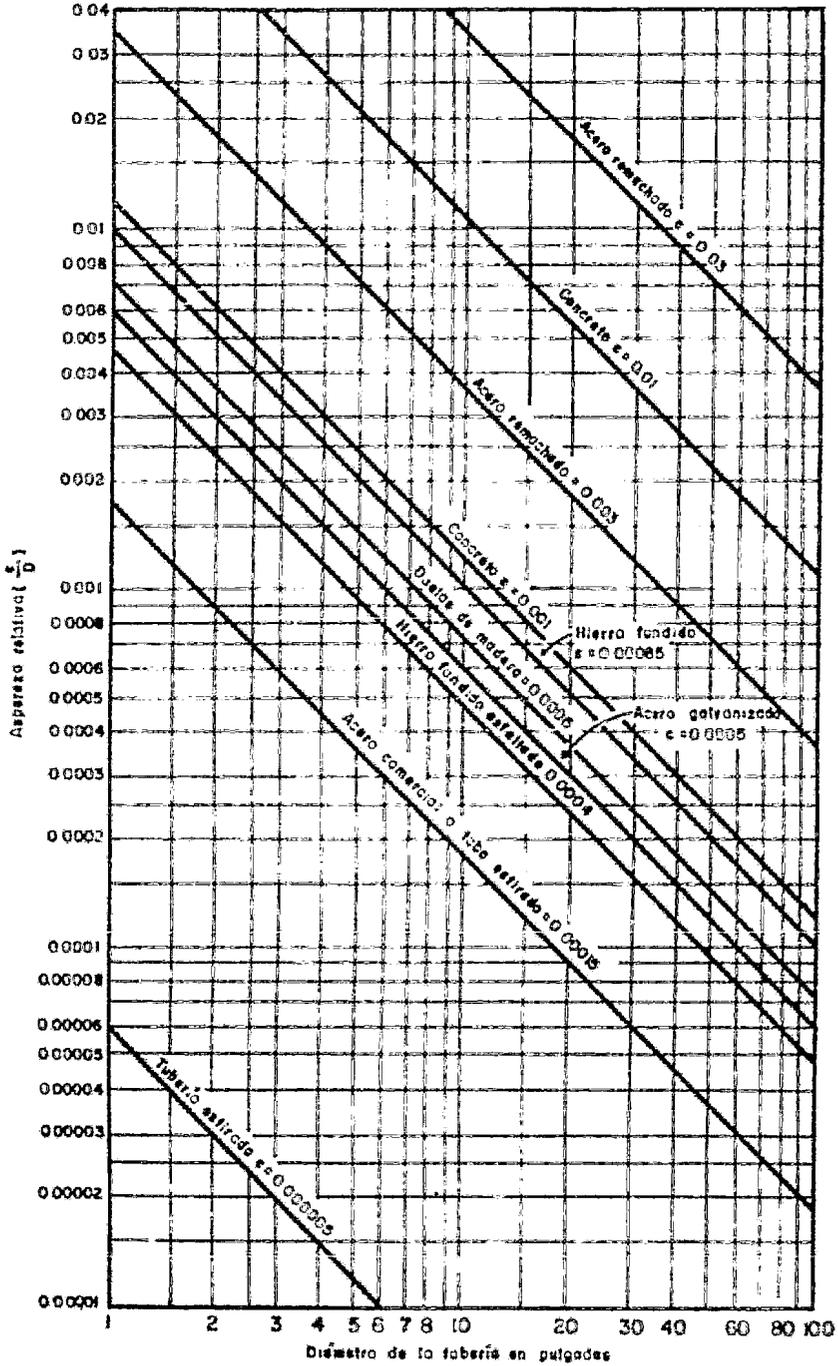


FIGURA 2.D.6
 =====

EL FACTOR DE FRICCIÓN COMO UNA FUNCIÓN DEL NÚMERO DE REYNOLDS CON ASPEREZAS RELATIVAS COMO PARAMETRO
 (Moody, L. F., Trans ASME, 66, 87-94 (1944))

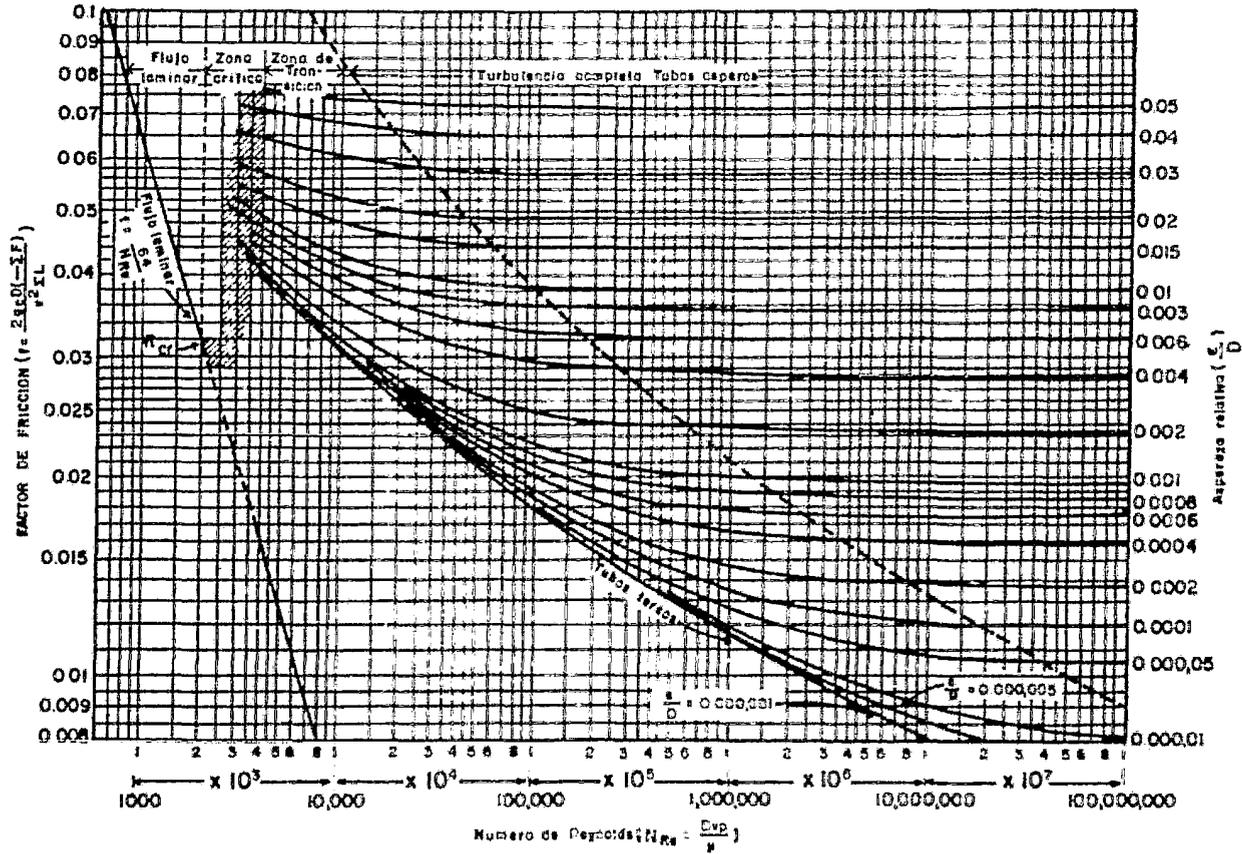
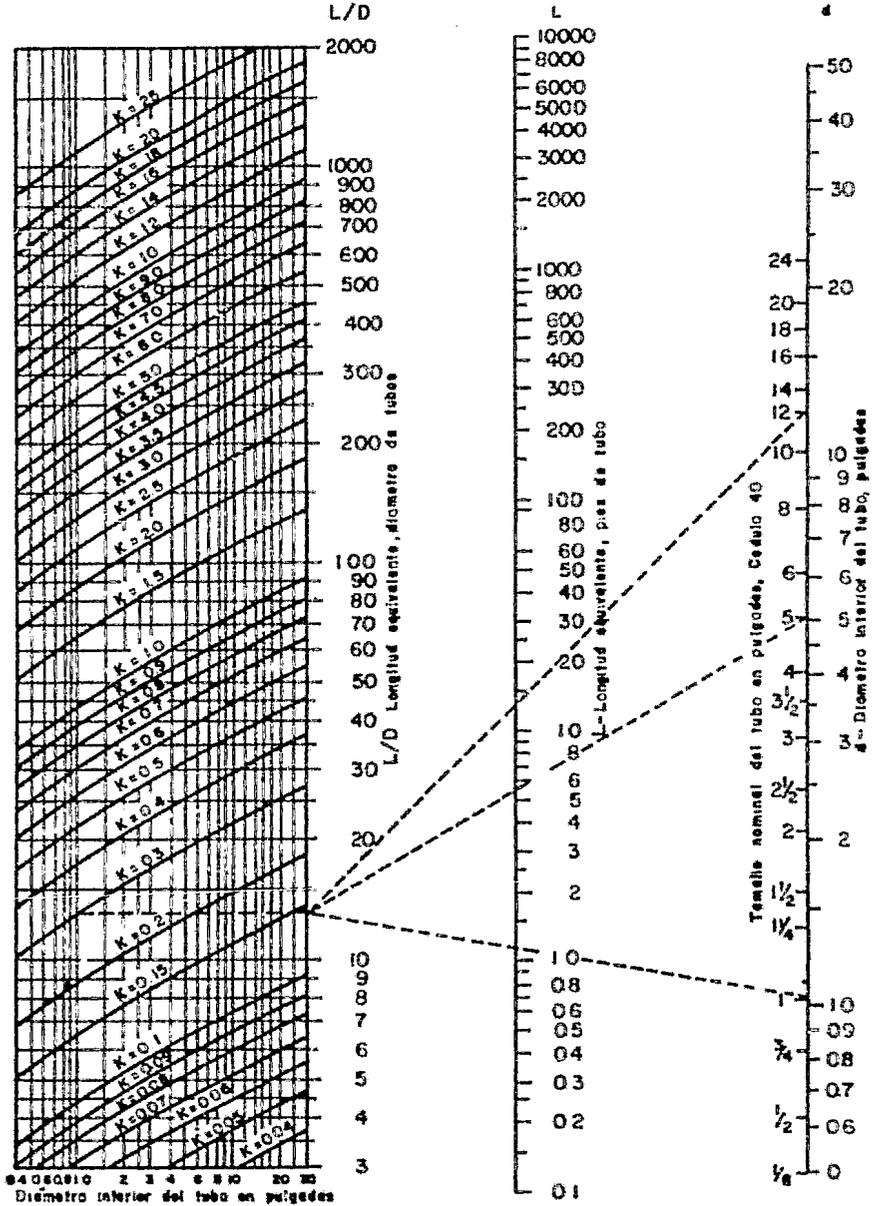


FIGURA 2.D.7

LONGITUDES EQUIVALENTES L Y L/D Y COEFICIENTES DE RESISTENCIA K (CRANE CO)



Tamaño del tubo en pulgadas cedula 40

L/D DE ACCESORIOS

DESCRIPCION

FIGURA 2.D.8

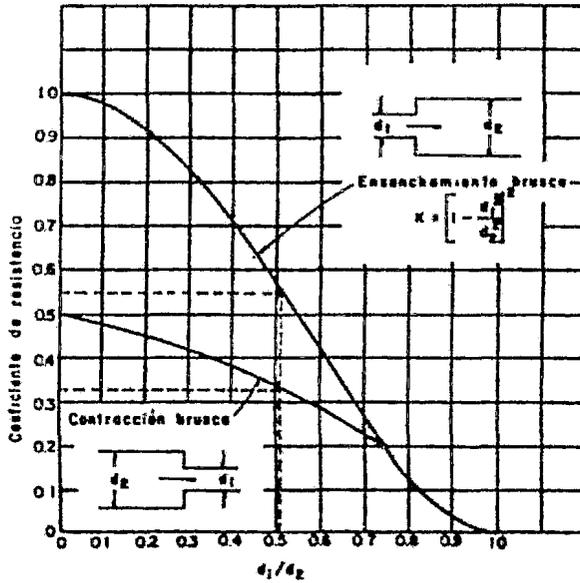
=====

DESCRIPCION	L/D
Valvulas de globo	
Convencional	
Sin obstrucción en el asiento de tipo plano, en chafan, o clavija—Completamente abierto	340
Con disco de claveta o de aleta—Completamente abierta	450
Modelo Y	
(Sin obstrucción en el asiento de tipo plano, en chafan o clavija)	
Con vástago a 60 grados del cauce de la tubería—Completamente abierta	175
Con vástago a 45 grados del cauce de la tubería—Completamente abierta	145
Valvulas angulares	
Convencional	
Sin obstrucción en el asiento de tipo plano, en chafan o de clavija—Completamente abierta	145
Con disco de claveta o aleta—Completamente abierta	200
Valvula de compuerta	
Disco de cuna doble o de clavija	
Completamente abierta	13
Abierta tres cuartas partes	35
Abierta mitad	160
Abierta una cuarta parte	900
Valvulas lado	
Completamente abierta	17
Abierta a las tres cuartas partes	50
Abierta una mitad	260
Abierta a la cuarta parte	1200
Tuberia Conduit—Completamente abierta	3
Valvulas de retencion	
Giro convencional—0.5 —Completamente abierto	135
Giro de despeje—0.5 —Completamente abierto	50
Alza o cierre del globo—2.0 —Completamente abierto	igual que para globo
Alza o cierre angular—2.0 —Completamente abierto	igual que para angular
En linea de municiones, 2.5 vertical y 0.25 horizontal —Completamente abierta	150
Valvulas de aspiracion con cedazo	
Con disco de tipo alza vertical—0.3 —Completamente abierta	420
Con disco articulado cuero—0.4 —Completamente abierta	75
Valvulas de maripasa (6 pig y mayores)—Completamente abiertas	20
Grifos	
Directo a traves	
Area rectangular de la clavija al 100% del area del tubo—Completamente abierta	18
Valvulas de tres conductos	
Area rectangular de la clavija igual al 80% del area del tubo (Completamente abierta).	
Flujo directamente a traves	44
Flujo a traves de bifurcacion	140
conexiones,	
Codo normal a 90°	30
Codo normal a 45°	16
Codo de radio largo a 90°	20
Codo para calle a 90°	50
Codo para calle a 45°	26
Codo para esquina cuadrada	57
T normal	
Con flujo a todo lo largo	20
Con flujo a traves de la rama	60
Patron cerrado de tubo de retorno	50

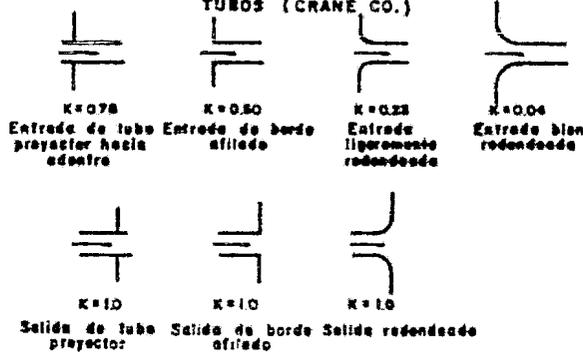
FIGURA 2.D.9

=====

RESISTENCIA DEBIDA A ENSANCHAMIENTO Y CONTRACCIONES BRUSCAS (CRANE CO)



RESISTENCIA DEBIDA A LA ENTRADA Y A LA SALIDA DE LOS TUBOS (CRANE CO.)



Despejando el término W_b de la ec. 2.d.2 obtenemos la expresión para calcular la energía que requerimos proporcionar al sistema.

$$W_b = \frac{144 (P_2 - P_1)}{\rho} + \frac{(Z_2 - Z_1)g}{gc} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2gc \alpha} + H_{fs} \quad \text{Ec.2.d.6}$$

Es importante hacer la aclaración que se considera como altura cero el eje central de la bomba para bombas horizontales y el ojo de entrada del impulsor del primer paso para bombas verticales. Por lo tanto cuando la bomba se encuentra por debajo del nivel del cual esta succionando, la altura (Z) es positiva, cuando la bomba se encuentra arriba del nivel del cual succiona la altura es negativa.

A partir del valor de la carga (en pies de liquido) que requiere proporcionar la bomba, podemos calcular su potencia hidráulica con las siguientes relaciones:

$$HP = \frac{W_b (SPGR) Q}{3960} = \frac{W_b(W)}{1.98 \times 10^6} \quad \text{Ec.2.d.7}$$

donde:

SPGR = Peso específico del fluido que se está bombeando a la temperatura de operación con respecto al agua a 60°F, es adimensional.

Sin embargo la potencia suministrada a la bomba debe ser mayor a la potencia hidráulica para así poder compensar las pérdidas de energía por fricción en la bomba, y se denomina potencia al freno.

$$BHP = \frac{HP}{\eta} \quad \text{Ec.2.d.8}$$

donde:

η = es la eficiencia de la bomba.

NPSH

Cualquier bomba requiere de una presión positiva a la succión para que el líquido pueda fluir hacia dentro de la carcasa.

En donde el valor de NPSH requerido es dado por el fabricante, generalmente en las curvas de operación de la bomba, siendo función el NPSH requerido de la velocidad y flujo de la bomba y se interpreta como la carga neta positiva a la succión requerida y representa las pérdidas por fricción en la bomba.

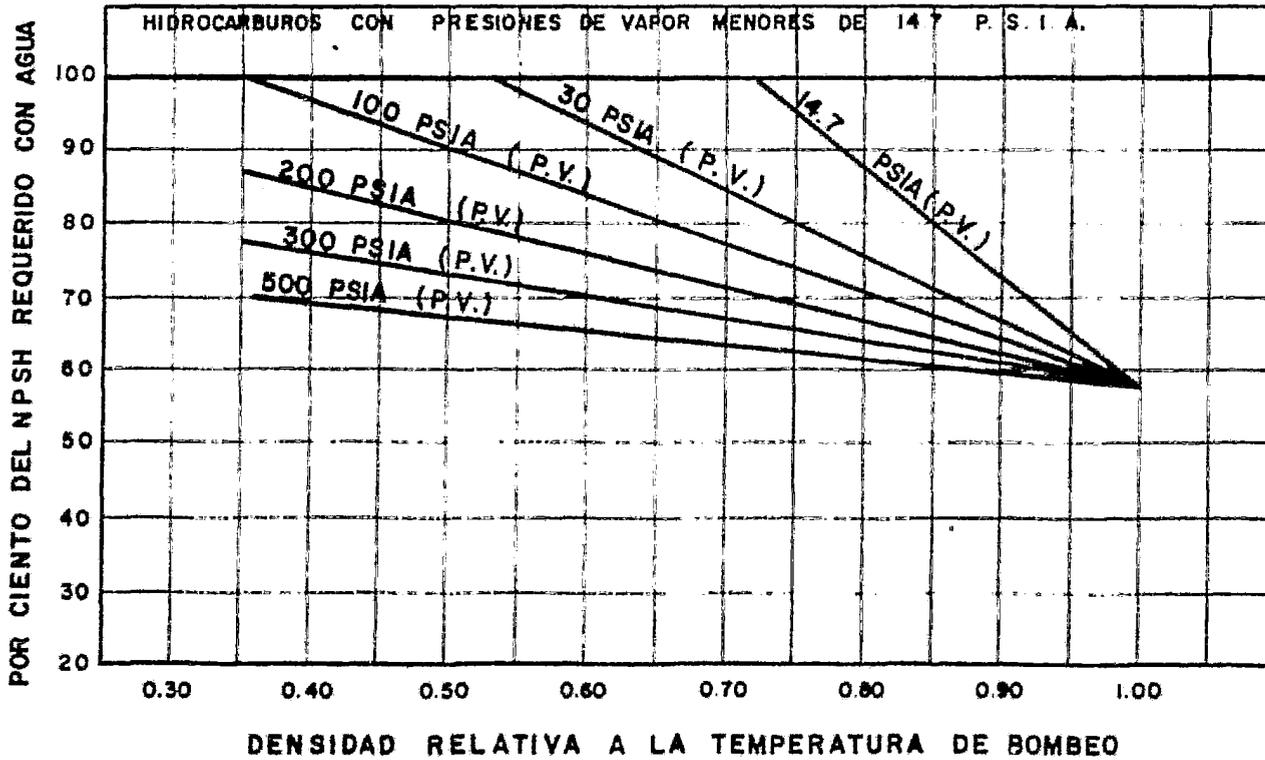
Generalmente el NPSH req. en bombas centrifugas se da en base al agua. Cuando la bomba maneja hidrocarburos, el valor del NPSH req. puede disminuir para ciertas condiciones. Esta reducción está en función de la presión de vapor y de la densidad relativa del hidrocarburo que esta siendo bombeado, con la Fig. 2.D.10 se obtiene el porcentaje del NPSH req, en pies de agua para cuando se manejan hidrocarburos.

Si tenemos que por las pérdidas de presión por fricción la presión del sistema sea menor a la presión de vapor del líquido y nos genere una mezcla de líquido y vapor en la bomba, se dice que entra en cavitación. En la Fig. 2.D.11 se muestra el caso en que se tiene cavitación, como se puede ver en esta figura, si nosotros desplazamos el punto de presión mínima del líquido arriba de su presión de vapor, habremos eliminado el problema de la cavitación como se muestra en la Fig. 2.D.12.

Para esto se requiere que la carga a la succión menos el NPSH req. tenga un valor positivo. Esta carga a la succión se le conoce como carga neta positiva de succión disponible ($NPSH_D$) la cual esta en función de la columna del líquido, presión del sistema, pérdida de presión por fricción y de la presión de vapor del fluido a las condiciones de operación.

El valor del $NPSH_D$ es determinado con la siguiente ecuación:

FIGURA 2,D.10



CORRECCION DEL NPSH_R EN BASE AL AGUA PARA HIDROCARBUROS

FIGURA 2.D.11

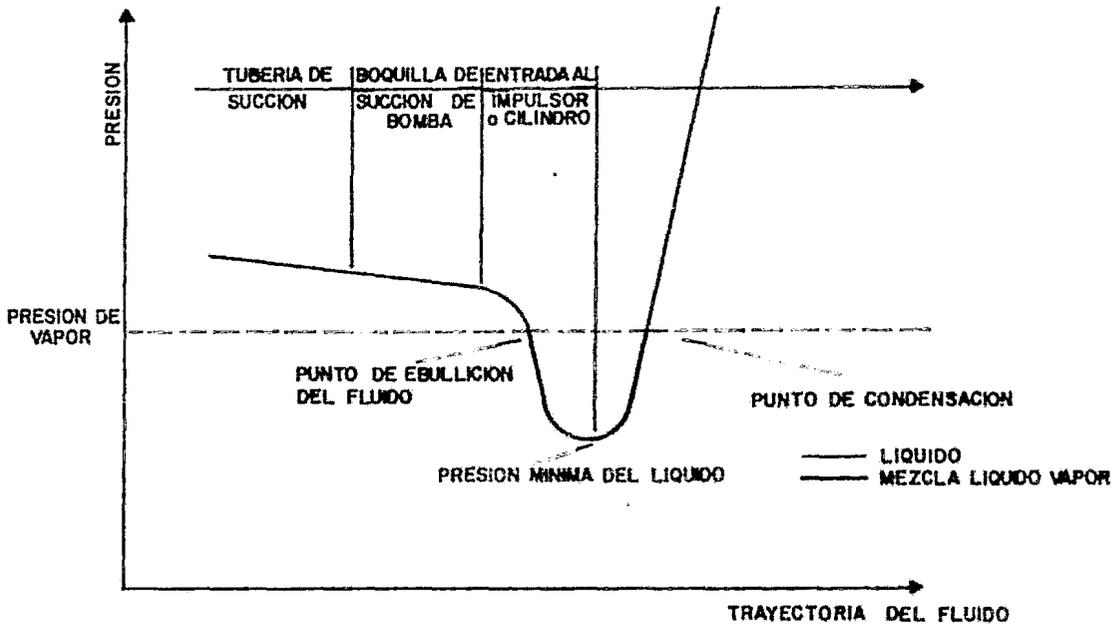
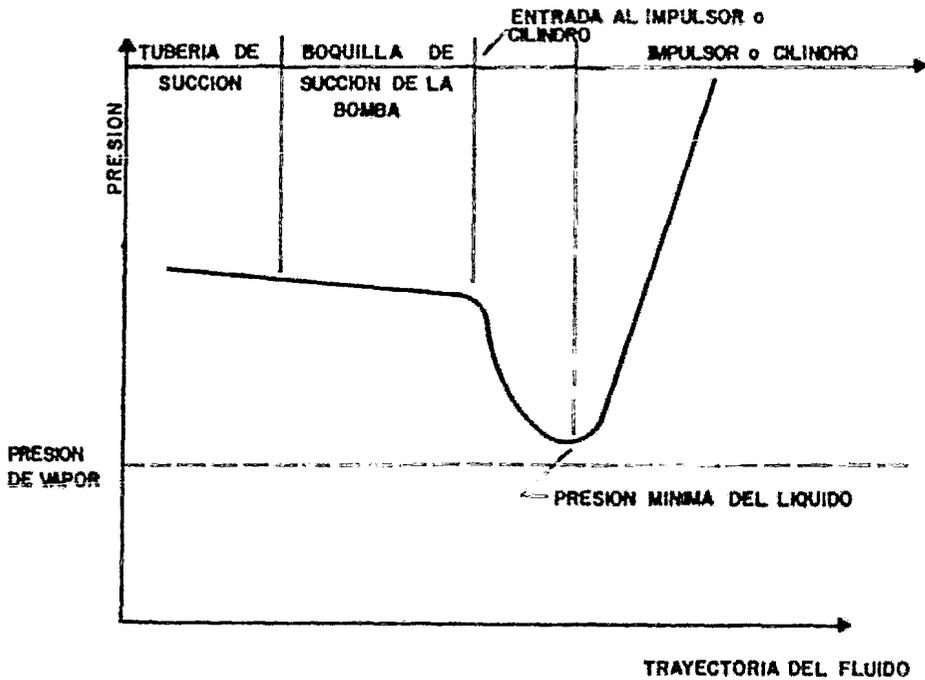


FIGURA 2.D.12



$$NPSH_D = \frac{Z_1 g}{gc} + \frac{2.31 (P_1 - P^*)}{SPGR} + Wfs$$

Ec.2.d.9

donde:

P* = Presión de vapor del líquido ,psia.

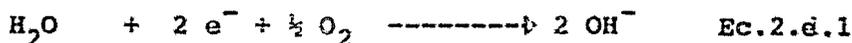
CORROSION Y LIMPIEZA

La vida útil del equipo se acorta a menudo como resultado de la corrosión.

La corrosión resulta del funcionamiento del principio de las pilas eléctricas microscópicas que se forman entre diversas partes no idénticas del metal, la corriente eléctrica que se origina crea una electrólisis que da lugar a modificaciones químicas del metal.

Si tenemos hierro y cobre en contacto con una solución acuosa de cloruro de sodio. Tenemos que la sal está ionizada en iones Cl^- y Na^+ ; los iones Na^+ van a la parte que funciona como cátodo (cobre) y los iones Cl^- van al ánodo (hierro), realizando así el paso de la corriente eléctrica en el electrólito. (Ver la Tabla 2E.1 que muestra la serie galvánica).

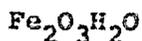
En el cátodo donde hay llegada de electrones, se produce una reducción.



En el ánodo donde hay pérdida de electrones, se produce una oxidación.



Los iones hidróxido (OH^-) y ferroso (Fe^{2+}) reaccionan entre ellos, dando el hidróxido ferroso, éste oxidado por el oxígeno disuelto en la solución se transforma en herrumbre de composición variable, cuyo constituyente esencial es un óxido férrico monohidratado.



- 102 -
SERIE GALVANICA

TABLA 2.E.I

ANODO (FIN CORROIDO)

MAGNESIO

ALUMINIO

DURALUMINIO

=====

ZINC

CADMIO

=====

FIERRO

FIERRO-CROMIO (ACTIVO)

NIQUEL-CROMIO

FIERRO (ACTIVO)

=====

SOLDADURA SUAVE

ESTAÑO

PLOMO

=====

NIQUEL

LATON

BRONCE

NIQUEL-COBRE (ALEACION)

COBRE

=====

FIERRO-CROMIO (PASIVO)

FIERRO-CROMIO-NIQUEL (PASIVO)

=====

SOLDADURA DE PLATA

=====

PLATA

ORO

PLATINO

CATODO (FIN PROTEGIDO)

La corrosión se distingue generalmente por los siguientes efectos:

- 1.- Disminución de peso.
- 2.- Alteración de la superficie.
- 3.- Debilitamiento de las propiedades mecánicas.

Hay dos métodos principales que pueden emplearse para evitar ó reducir al mínimo la corrosión:

- 1.- Aislando la superficie metálica del medio corrosivo por medio de alguna capa protectora (pinturas, barnices, películas metálicas, películas de óxido, protección catódica).
- 2.- Usar un metal o aleación que tenga una resistencia inherente a la corrosión.

LIMPIEZA

La limpieza de la tubería se hace con corridas de diablos. (Ver la figura 2.E.1). Hay dos clasificaciones de diablos

I) DIABLOS DE COPA

Los hay para diferentes tipos de trabajo, para calibración, de limpieza y de desplazamiento.

1.- Calibración

Estos tienen una placa metálica en el frente, cuyo diámetro, es por lo general, del 90 al 95 % del diámetro interno de la tubería. El propósito de estos diablos, es eliminar las obstrucciones dentro de la tubería para asegurar el libre paso de los diablos de desplazamiento.

2.- Limpieza

Estos vienen provistos con cepillos ó rasquetas, los

cuales sirven para limpiar el interior de las tuberías, estos cepillos ó rasquetas son intercambiables.

3.-Desplazamiento

Se utilizan para evacuar líquidos y aire de las tuberías por lo general, vienen provistos de cuatro ó más copas de hule de neopreno.

II) DIABLOS ESFERICOS

Se usan para remover condensados de hidrocarburos de las tuberías de gas y para separar los diferentes fluidos en los poliductos. Su cuerpo es de poliuretano y vienen provistos de una válvula para aumentarles la presión hasta igualarla con la presión del líquido al cual van a desplazar. Son de alta resistencia a la abrasión.

La selección del tipo de diablo es función de la tubería, las válvulas y las conexiones que se tengan en la línea.

El tramo a limpiarse contará con una trampa de envío de diablos y una de recibo, localizadas en sus extremos. La distancia entre trampas es variable, pero la distancia máxima dependerá del servicio, localización de estaciones de bombeo, material del diablo, etc.

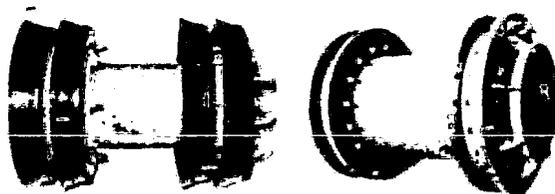
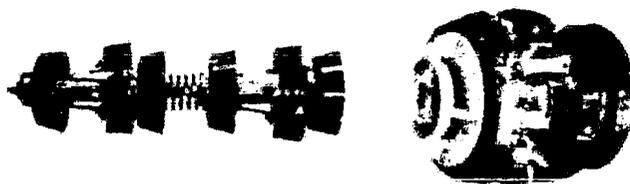
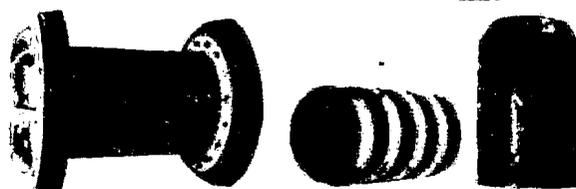
En las figuras 2.E.1 a la fig. 2.E.4 se muestran algunos tipos de diablos. Y en las figuras 2.E.5 a la figura 2.E.8 se muestran diagramas de localización, elevación y planta de: válvula de seccionamiento en rfo y en tubería enterrada, diagrama de flujo de una tubería con representación de trampas de diablos y válvulas de seccionamiento, así como un diagrama de elevación, planta y localización de trampa de diablos.

ESTABLISHED
1914



- 106 -
TIPOS DE "DIABLOS"

FIGURA 2.E.2
=====



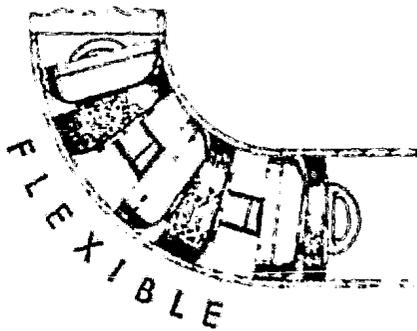
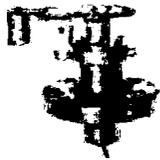
TIPOS DE "DIABLOS"

FIGURA 2.E.3



INDICADOR DE PASO DE " DIABLO "

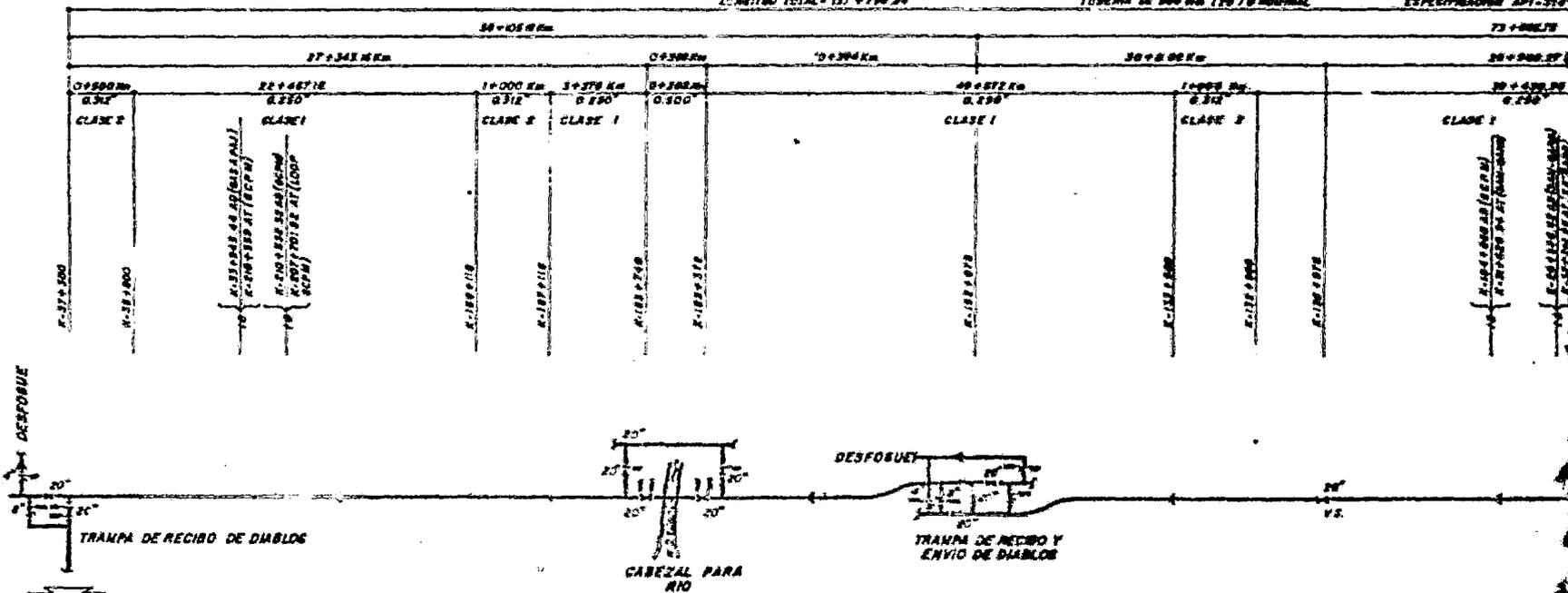
FIGURA 2.E.4

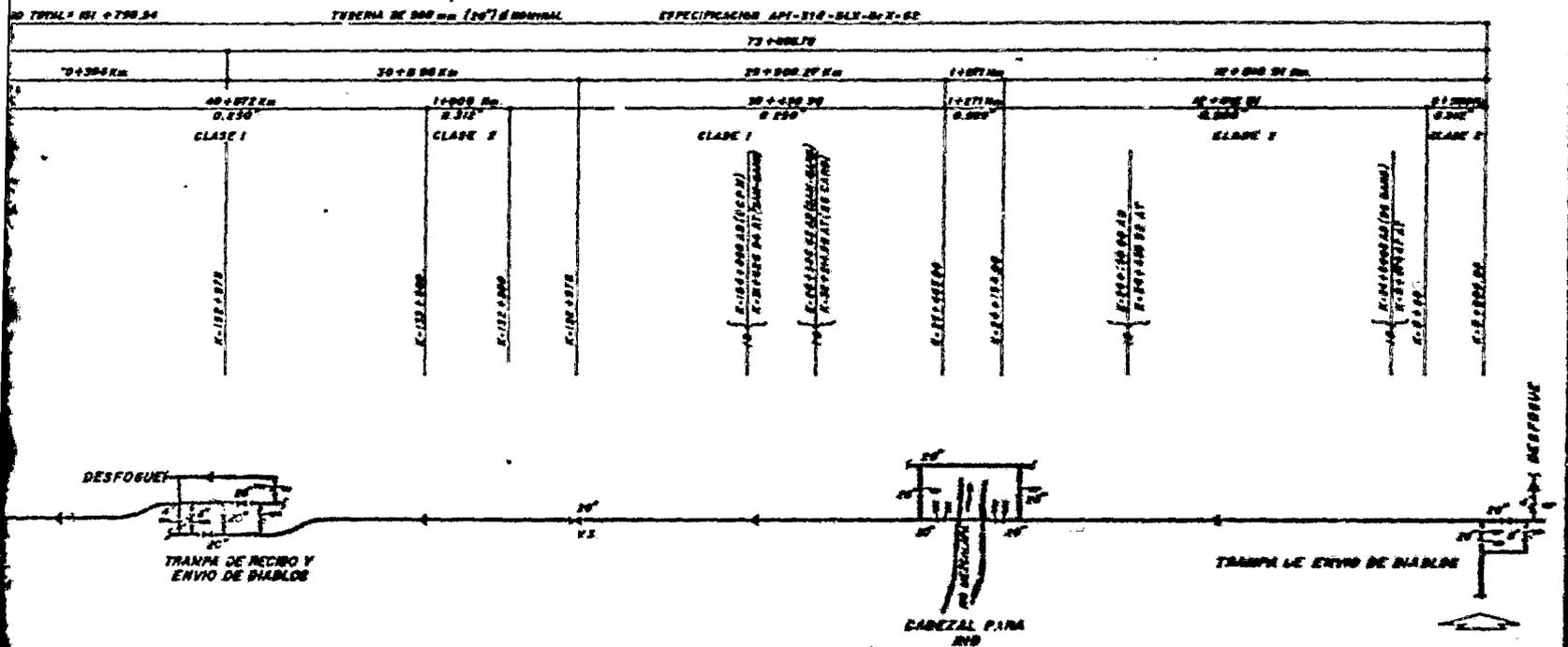


LONGITUD TOTAL = 131 + 790.34

TUBERIA DE 800 mm (26") DIAMETRAL

ESPECIFICACION API-5LX

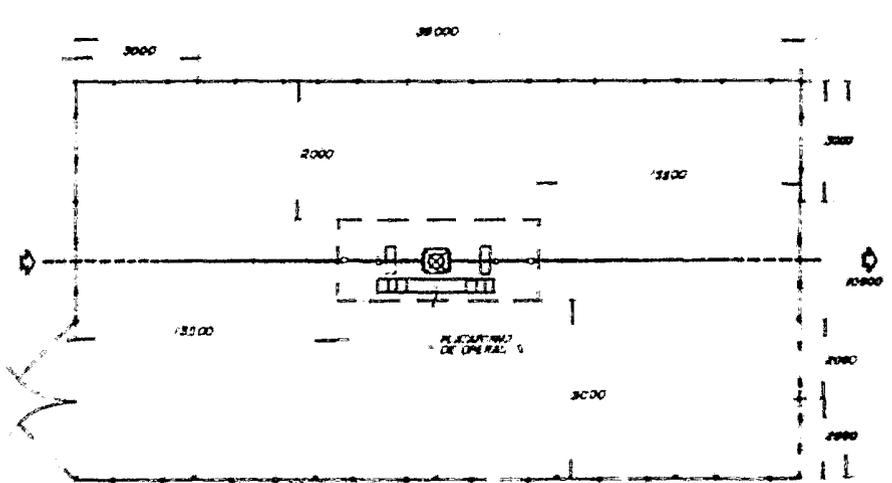
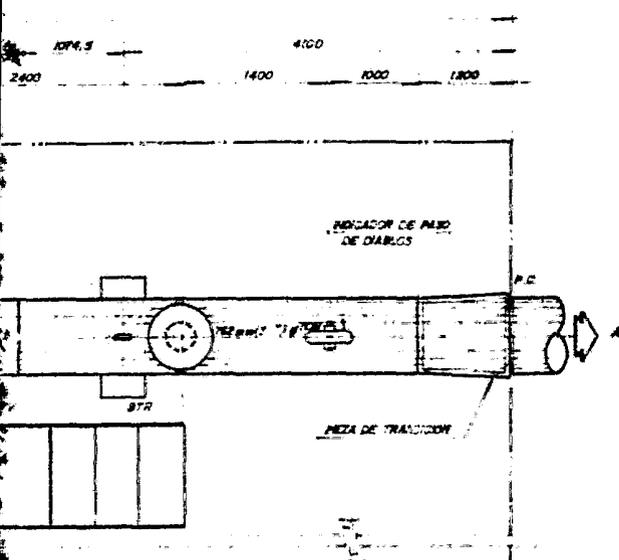




SÍMBOLOS Y CLAVES

- NIVELA DE COMPUESTO BRINDAN
- NIVELA DE COMPUESTO CON DIABLOS
- NIVELA BRINDAN BRINDAN
- JUNTA ADELANTO DE BRINDAN
- NIVELA DE BRINDAN BRINDAN
- NIVELA DE BRINDAN BRINDAN

FIG. 2.E.5
 PLANO TIPO
 LINEA DE 20" S NOMINAL
 diagrama de flujo



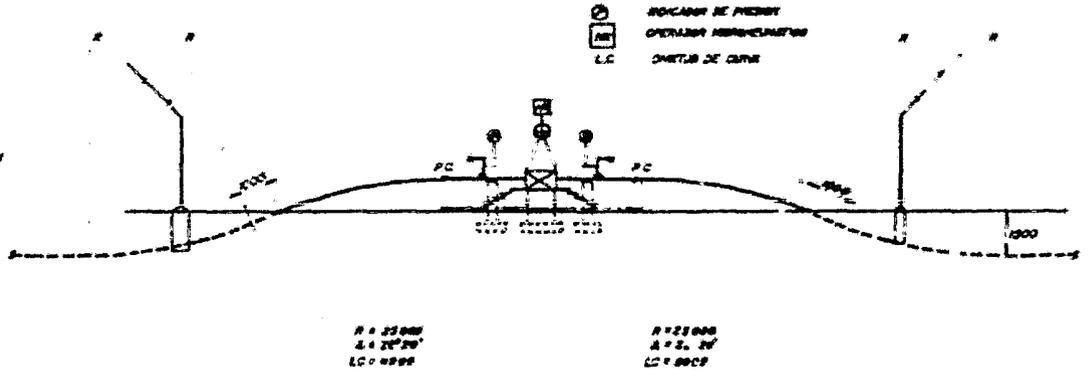
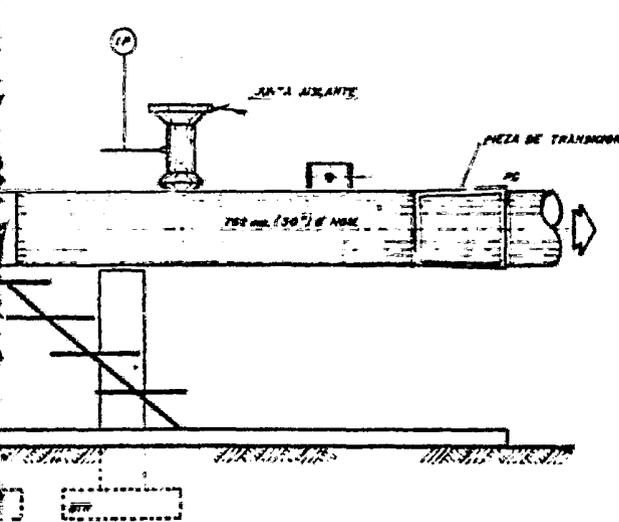
PLANTA LOCALIZACION
EN ESCALA

SIMBOLOS

---	LINEA DE EJE
---	LINEA MOVIBLE
---	LINEA FIJA
---	LINEA AREA DE CONCRETO
---	REJILLA DE ALAMBRE
BTR	BASE TIPO R
BTV	BASE TIPO V
PC	PUNTO DE CURVATURA
⊙	INDICADOR DE PRESION
⊠	OPERADOR MANUELA
LC	OMITIR DE CURVA

R = 23000
A = 22° 30'
LC = 8900

R = 23000
A = 22° 30'
LC = 8900



ELEVACION

FIG 2 = 7
PLANO TIPO
VALVULA DE SECCIONAMIENTO
(planta, elevaciones y detalles)

COSTOS

Un diseño aceptable de una planta debe presentar un proceso que sea capaz de operar bajo condiciones que produzcan una utilidad. Como la utilidad bruta es igual a ingresos totales menos gastos totales, es esencial para el Ingeniero Químico el conocer todos los diferentes tipos de costos involucrados en el proceso de fabricación.

El capital debe ser distribuido para costos directos de la planta, tales como materia prima, mano de obra y equipo. Además de estos costos, otros tipos de costos son hechos y que deben estar incluidos si se quiere obtener un análisis completo del costo total. Algunos ejemplos de estos costos indirectos son: salarios al personal administrativo, costos de propaganda y distribución y costos de comunicaciones.

Una inversión de capital es requerido para cualquier proceso industrial, y la determinación de esta inversión es una parte importante del proyecto del diseño de una planta. La inversión total para cualquier proceso consiste del capital de inversión fija para equipo y servicios en la planta más capital de trabajo, el cuál debe estar disponible para pagar salarios, para manejo y almacenamiento de materia prima y productos, y dinero en efectivo para imprevistos u otros gastos.

Entonces, en un análisis de costos en procesos industriales, los costos de inversión, costos de fabricación y gastos generales incluyendo impuestos, deben ser considerados.

Cuando un Ingeniero Químico determina costos para cualquier tipo de proceso, estos costos deben tener suficiente precisión para proveer decisiones confiables. Para efectuar esto, el Ingeniero debe tener un entendimiento completo de todos los factores que pueden afectar los costos. Por ejemplo, muchas compañías tienen acuerdos recíprocos con otras compañías con los cuales, ciertas materias primas ó equipos pueden ser comprados a precios menores que los prevalecientes en el mercado. En consecuencia, si

el Ingeniero Químico basa sus costos del proceso con los prevalentes en el mercado, el resultado puede que sea un proceso anti económico, por lo que él debe tomar en cuenta, variaciones de precios, reglamentos del gobierno y otros factores que afectan los costos,

1.-FUENTES DE EQUIPO

Uno de los mayores costos involucrados en cualquier proceso químico es para el equipo. En muchos casos tanques, reactores prototipos u otros equipos usados, pueden ser utilizados y disminuir el costo, ó también por comprar equipo de segunda mano. Si el equipo que se debe emplear tiene que ser nuevo, se deben hacer diferentes cotizaciones de diferentes fabricantes. Cuando las especificaciones son dadas a los fabricantes, no deben estar muy limitadas para el diseño del mismo, puesto que ocasiona un incremento en el costo por diseños estrictos.

2.-VARIACIONES DE PRECIOS

En el tipo de sociedad economista que tenemos, los precios pueden variar de un periodo a otro, y este factor debe ser tomado en cuenta para la determinación de los costos de un proceso industrial.

Como los precios cambian considerablemente con el tiempo el uso de Indices de costos puede ser utilizado para actualizar datos de costos aplicables en el pasado.

Un índice de costos, es tan sólo un indicador de un valor para un punto dado en el tiempo, mostrando el costo en ese tiempo relativo a cualquier tiempo base. Si el costo en cualquier tiempo es conocido, el costo equivalente en la actualidad puede ser determinado al multiplicar el costo del pasado por la relación de índices de costo actual entre el índice del costo pasado.

Los índices de costos pueden ser usados para dar una estimación general, pero no toman en cuenta dentro de su estimación a todos los factores, por ejemplo: un avance tecnológico especial, condiciones locales. Ver la Tabla 2.FI.

INDICES ECONOMICOS

TABLA 2.F.I

<u>AÑO</u>	<u>BANCO DE MEXICO</u> (NACIONAL)	<u>MARSHALL</u> (USA)
1971	34.9	321.3
1972	36.6	332.
1973	40.8	344.1
1974	49.9	398.4
1975	58.3	444.3
1976	67.7	472.1
1977	85.5	505.4
1978	100.0	545.3
1979	117.8	599.4
1980	149.0	659.6
1981		

3.- TIEMPO Y VELOCIDAD DE OPERACION

Uno de los factores que tiene un gran efecto sobre los costos, es el tiempo en que el proceso esta en operación. Cuando el equipo permanece parado por un largo tiempo, los costos de operación son generalmente bajos pero los costos de mantenimiento, protección y depreciación continúan aún cuando el equipo esta inactivo.

4.- POLITICA GUBERNAMENTAL

El gobierno tiene muchos reglamentos y limitaciones que tienen un efecto directo sobre los costos industriales. Algunos ejemplos de estos son: tarifas reglamentarias para importación y exportación, limitaciones sobre tipos de depreciación, normas sobre impuesto de ingresos y reglamentos del medio ambiente.

CAPITAL DE INVERSION

Antes de que una planta industrial pueda ser puesta en operación, una gran cantidad de dinero se debe tener para la compra e instalación del equipo y maquinaria necesaria, debe ser obtenido el terreno y los servicios y la planta debe ser construida y levantada completamente con todo como son: tubería, controles y servicios. Y además se debe tener dinero en efectivo para pagar gastos involucrados en la operación de la planta.

El capital requerido para proporcionar los medios necesarios en la planta para la fabricación es llamado capital de inversión fija, mientras que el capital requerido para la operación de la planta es llamado capital de trabajo. Siendo la suma de ambos el capital total de inversión.

I CAPITAL DE INVERSION FIJA (Ver la Tabla 2.F.II)

A) Costos Directos

A.1 Equipo

El costo de equipo comprado es la base de diferentes métodos prediseñados para estimar el costo de inversión. Son

esenciales para estimar los costos: fuentes de información de precios de equipos, métodos para ajustar precios de equipo por capacidad y métodos de estimación de equipo de procesos auxiliares.

Los diferentes tipos de equipo pueden ser agrupados como sigue:

- A.1.1 Equipo para proceso.
- A.1.2 Equipo para manejo y almacenamiento de materias primas.
- A.1.3 Equipo para manejo y almacenamiento de productos.
- A.1.4 Equipo y materiales auxiliares: aislamiento y tubería.

Estimación de costo del equipo: Ver tabla 2.F.IIIa

- 1).-Por escala. (Ver la Tabla 2.E.III). El exponente 0.6 será usado en ausencia de otra información más completa.

$$\text{Costo}_{\text{Equipo "A"}} = \text{Costo}_{\text{Equipo "B"}} \frac{\text{Capac. Equipo "A"}^{0.6}}{\text{Capac. Equipo "B"}}$$

- 2).-Por escala e índices.

$$\text{Costo}_{\text{Eqpo "A"}} = \text{Costo}_{\text{Eqpo "B"}} \frac{\text{Capac. "A"}^{0.6}}{\text{Capac. "B"}} \frac{\text{Indice año "x"}}{\text{Indice año "y"}}$$

A.2 Instalación del Equipo

La instalación del equipo involucra costos de mano de obra, cimentaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores relacionados directamente con el levantamiento del equipo comprado. La Tabla 2.F.IV da rangos de porcentaje del costo de equipo comprado para estimar el costo de instalación.

El costo de mano de obra de instalación del equipo como una función del tamaño del equipo muestra amplias variaciones, con previas estimaciones del costo de instalación. La Tabla 2.F.V muestra los exponentes para la estimación del costo de instalación de algunos equipos en función de su tamaño.

DESGLOSE DE CAPITAL DE INVERSION FIJA PARA UN PROCESO QUIMICO

TABLA 2.F.II

COSTOS DIRECTOS

- 1) EQUIPO COMPRADO
- 2) INSTALACION DEL EQUIPO ADQUIRIDO
- 3) INSTRUMENTACION Y CONTROL
- 4) TUBERIA
- 5) EQUIPO ELECTRICO Y MATERIALES
- 6) EDIFICIOS (INCLUYENDO SERVICIOS)
- 7) MEJORAMIENTOS AL TERRENO
- 8) SERVICIOS AUXILIARES
- 9) TERRENOS

COSTOS INDIRECTOS

- 1) INGENIERIA Y SUPERVISION
- 2) GASTOS DE CONSTRUCCION
- 3) DERECHOS DEL CONTRATISTA
- 4) CONTINGENCIAS

PORCENTAJES TÍPICOS DE CAPITAL DE INVERSIÓN FIJA PARA ELEMENTOS
DE COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

TABLA 2.F.II.a

<u>COMPONENTES</u>	<u>RANGO DE %</u>
COSTOS DIRECTOS	
EQUIPO ADQUIRIDO	15 - 40
INSTALACION DEL EQUIPO ADQUIRIDO	6 - 14
INSTRUMENTACION Y CONTROL (INSTALADO)	2 - 8
TUBERIA (INSTALADA)	3 - 20
EDIFICIOS (INCLUYENDO SERVICIOS)	3 - 18
MEJORAMIENTOS AL TERRENO	2 - 5
SERVICIOS (INSTALADOS)	8 - 20
TERRENO	1 - 2
ELECTRICO (INSTALADO)	2 - 10
COSTOS INDIRECTOS	
INGENIERIA Y SUPERVISION	4 - 21
GASTOS DE CONSTRUCCION	4 - 16
DERECHOS DEL CONTRATISTA	2 - 6
OTROS	5 - 15

EXONENTES TÍPICOS PARA COSTO DE EQUIPO CONTRA CAPACIDAD

TABLA 2.E.III

<u>EQUIPO</u>	<u>RANGO DE CAPACIDAD</u>	<u>EXONENTE</u>
MEZCLADOR CONO DOBLE ROTATORIO, C.S.	50 - 250 ft ³	0.49
SOPLADOR CENTRIFUGO	10 ³ - 10 ⁴ ft ³ /min	0.59
CENTRIFUGA, TAZON SOLIDO, C.S.	10 - 10 ² HP accionador	0.67
CRISTALIZADOR INTERM. AL VACIO, C.S.	500 - 7000 ft ³	0.37
COMPRESOR RECIPROCANTE, ENFRIADO POR AIRE, 2 PASOS, 150 ¢ DE DESCARGA	10 - 400 ft ³ /min	0.69
COMPRESOR ROTATORIO, UN PASO, DE ASFA DESLIZANTE, 150 ¢ DE DESCARGA	10 ² - 10 ³ ft ³ /min	0.79
SECADOR AL VACIO, DE TAMBOR	10 - 100 ft ²	0.76
SECADOR ATMOSFERICO, DE TAMBOR	10 - 100 ft ²	0.40
EVAPORADOR HORIZ. (INSTALADO)	100 - 10 ⁴ ft ²	0.54
VENTILADOR CENTRIFUGO	10 ³ - 10 ⁴ ft ³ /min	0.44
VENTILADOR CENTRIFUGO	2 x 10 ⁴ - 7.10 ⁴ fcm	1.17
CAMBIADOR DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS CABEZAL FLOTANTE, C.S.	100 - 400 ft ²	0.60
CAMBIADOR DE CALOR DE CORAZA Y TUBOS CABEZAL FIJO, C.S.	100 - 400 ft ²	0.44
KETTLE ENCHAQUETADO, Fo. COLADO	250 - 800 gal	0.27
KETTLE ENCHAQUETADO, VIDRIO	200 - 800 gal	0.31
MOTOR DE INDUCCION, JAULA DE ARDILLA A PRUEBA DE EXPLOSION, 440 VOLTS IGUAL AL ANTERIOR	5 - 20 HP 20 - 200 HP	0.69 0.99
BOMBA RECIPROCANTE HORIZ. C/MOTOR F.F.	2 - 100 gpm	0.34
BOMBA CENT. HORIZ. C/ MOTOR ACERO COLADO	10 ⁴ - 10 ⁵ gpm*psi	0.33
REACTOR DE VIDRIO, ENCHAQUETADO SIN ACCIONADOR	50 - 600 gal	0.54
REACTOR DE AERO INOX., 300 PSI	10 ² - 10 ³ gal	0.56
SEPARADOR CENTRIFUGO, ACERO COLADO	50 - 250 ft ³	0.49
TANQUE, TAPA PLANA, ACERO COLADO	10 ² - 10 ⁴ gal	0.57
TANQUE DE VIDRIO, ACERO COLADO	10 ² - 10 ³ gal	0.49
TORRE DE ACERO	10 ³ - 2.10 ⁶ lb	0.62
PLATO TIPO BURBUJA, ACERO	3 - 10 ft diámetro	1.20
PLATO TIPO CEDAZO, ACERO	3 - 10 ft diámetro	0.86

COSTO DE INSTALACION PARA EQUIPO COMO UN PORCENTAJE DEL COSTO
DEL EQUIPO

TABLA 2.F.IV

<u>EQUIPO</u>	<u>% COSTO INSTALACION</u>
SEPARADORES CENTRIFUGOS	20 - 60
COMPRESORES	30 - 60
SECADORES	25 - 60
EVAPORADORES	25 - 90
FILTROS	65 - 80
CAMBIADORES DE CALOR	30 - 60
CRISTALIZADORES MECANICOS	30 - 60
TANQUES METALICOS	30 - 60
MEZCLADORES	20 - 40
BOMBAS	25 - 60
TORRES	60 - 90
CRISTALIZADORES AL VACIO	40 - 70
TANQUES DE MADERA	30 - 60

EXONENTES TÍPICOS PARA MANO DE OBRA POR INSTALACION DE

EQUIPO CONTRA TAMAÑO

TABLA 2.F.V

<u>EQUIPO</u>	<u>RANGO DE TAMAÑO</u>	<u>EXONENTE</u>
TUBO DE ALUMINIO	0.5 - 2 pulg, diámetro	0.49
TUBO DE ALUMINIO	2 - 4 pulg, diám.	1.11
MOTOR DE INDUCCION, J.A., 440V	1 - 10 HP	0.19
MOTOR DE INDUCCION, J.A., 440 v	10 - 50 HP	0.50
BOMBA CENT. HORIZ.	0.5 - 1.5 HP	0.63
BOMBA CENT. HORIZ.	1.5 - 40 HP	0.09
TORRE DE ACERO COLADO	DIAMETRO CTE.	0.88
TORRE DE ACERO COLADO	ALTURA CONSTANTE	1.56
TRANSFORMADOR, 1 FASE, SECO	9 - 225 KVA	0.58
TRANSFORMADOR, 1 FASE, ACEITE, CLASE A	15 - 225 KVA	0.34
CAMBIADOR DE CALOR TUBULAR	CUALQUIER TAMAÑO	0.001

A.3 Instrumentación y Controles

Los costos de instrumentos, costos de instalación (mano de obra) de los mismos, y gastos para equipos auxiliares y materiales constituyen la mayor parte del capital requerido de inversión para instrumentación. Esta parte de la inversión, es algunas veces combinada con el costo general de equipo. El costo total de instrumentación depende de la cantidad de control requerida y puede ser desde un 6% a un 30% del costo de todo el equipo adquirido. Las computadoras son comunmente usadas con los controladores y tienen el efecto de incrementar el costo asociado con controles.

Para la planta común de proceso químico (sólido-fluido) un valor al 13% del equipo adquirido es normalmente usado para estimar el costo total de instrumentación. (Esto representa el 3% del costo total de inversión). Dependiendo de la complejidad del instrumento y el servicio, cargos adicionales para instalación y accesorios pueden sumar de un 50% a 70% del costo del equipo adquirido, con los cargos de instalación siendo aproximadamente igual al costo de accesorios.

A.4 Tubería

Los costos para tubería cubren mano de obra, válvulas, accesorios, tubo, soportes y otros factores involucrados en el levantamiento completo de toda la tubería usada directamente en el proceso. (Ver la Tabla 2.E.VI). La mano de obra para instalación es estimada a ser de un 40 a un 50% del costo total de la tubería instalada. El material y mano de obra para aislamiento de la misma es estimado a ser de un 15 a 25% del costo total de la tubería instalada, y es influenciado enormemente por los extremos en temperatura, las cuales son concentradas en las corrientes de proceso.

A.5 Instalación Eléctrica.

El costo para instalaciones eléctricas consiste prime-

ESTIMACION DE COSTO DE TUBERIA

TABLA 2.E.VI

TIPO DE PROCESO	% DE EQUIPO ADQUIRIDO			% DE CAPITAL DE INV. FIJA
	MATERIAL	MANO DE OBRA	TOTAL	TOTAL
SOLIDO	9	7	16	4
FLUIDO-SOLIDO	17	14	31	7
FLUIDO	36	30	66	13

mente de mano de obra de instalación y materiales para energía y alumbrado con servicio de alumbrado y construcción comunmente incluidos en los costos de construcción y servicios. En plantas químicas comunes los costos de instalaciones eléctricas van de un 10 a 15 % del valor de compra de todo el equipo. Sin embargo este rango puede ser tan alto como un 40% del costo del equipo comprado para un proceso específico de una planta. Hay una pequeña relación entre porcentaje del costo total y porcentaje del costo del equipo, pero hay una mejor relación para capital de inversión fija. De este modo, los costos de instalación eléctrica van de un 3 a un 10% del capital de inversión fija. La tabla 2.F.VII muestran el desglose de elementos que constituyen el costo total de instalación eléctrica.

A.6 Edificios Incluyendo Servicios

El costo para construcción incluyendo servicios, consiste de gastos por mano de obra, materiales y pertrechos involucrados en el levantamiento de toda la construcción conectada con la planta. Los costos para plomería, calentamiento, alumbrado, ventilación y servicios similares de construcción están incluidos. El costo de construcción incluyendo servicios para diferentes tipos de plantas de proceso, son mostrados en las tablas 2.F.VIII y 2.F.IX como un porcentaje del costo del equipo comprado y capital de inversión fija.

A.7 Mejoras al Terreno

Costos para cercado, nivelado, carreteras, banquetas, desviación de líneas de ferrocarril, jardines y similares constituyen la parte de mejoras al terreno. Costos de mejoras al terreno para plantas químicas van de un 10 a un 20% del costo del equipo comprado. Esto es equivalente al rango de un 2 a un 5% del capital de inversión fija. La tabla 2.F.X nos da la variación en % para los componentes de mejoras al terreno en terminos de capital de inversión fija.

A.8 Servicios Auxiliares

Los servicios para el suministro de vapor, agua, aire __

COSTOS DE ELEMENTOS ELECTRICOS COMO UN % DEL COSTO TOTAL

ELECTRICO

TABLA 2.F.VII

<u>COMPONENTE</u>	<u>RANGO DE %</u>	<u>VALOR TIPICO DE %</u>
ALAMBRADO (FUERZA)	25 - 50	40
ALUMBRADO	7 - 25	12
TRANSFORMACION Y		
SERVICIO	9 - 65	40
INSTRUMENTOS DE		
CONTROL DEL ALAMBRADO	3 - 8	5

COSTO DE EDIFICIOS INCLUYENDO SERVICIOS BASADO EN EL COSTO

DE EQUIPO

TABLA 2.F.VIII

<u>% DE COSTO DE EQUIPO</u>			
<u>TIPO DE PROCESO</u>	<u>NVA. PLANTA</u>	<u>NVA. PLANTA</u>	<u>EXPANSION</u>
<u>EN LA PLANTA</u>	<u>EN NVO. SITIO</u>	<u>(LIM. BATERIA)</u>	
SOLIDO	68	25	15
SOLIDO-FLUIDO	47	19	7
FLUIDO	45	5 - 18	6

COSTO DE EDIFICIOS Y SERVICIOS COMO UN % DE CAPITAL DE INV. FIJA

TABLA 2.F.IX .

<u>TIPO DE PROCESO</u> <u>EN LA PLANTA</u>	<u>% DE CAPITAL DE INVERSION FIJA</u>		
	<u>NVA. PLANTA</u> <u>EN NVO. SITIO</u>	<u>NUEVA UNIDAD</u> <u>(LIM.BAT)</u>	<u>EXPANSION</u>
SOLIDO	18	7	4
SOLIDO-FLU	12	7	2
FLUIDO	10	2 - 4	2

VARIACION TIPICA EN % DE CAPITAL DE INVERSION FIJA PARA

ESTIMACION DE COSTO PARA MEJORAMIENTOS AL

TERRENO

TABLA 2.F.X

<u>MEJORAMIENTO A</u>	<u>RANGO DE %</u>	<u>VALOR TIPICO DE %</u>
BALDIOS	0.4 - 1.2	0.8
CARRETERAS Y CAMINOS	0.2 - 1.2	0.6
FERROCARRILES	0.3 - 0.9	0.6
CERCAS	0.1 - 0.3	0.2
ALUMBRADO EN		
PATIOS Y CERCAS	0.1 - 0.3	0.2
ESTACIONAMIENTOS	0.1 - 0.3	0.2
JARDINES	0.1 - 0.2	0.1
OTRAS MEJORAS	0.2 - 0.6	0.3

comprimido, y combustible son parte de los servicios auxiliares de una planta industrial. La distribución de desechos, protección contra incendio, y diversos servicios más, tales como talleres, primeros auxilios, cafetería y servicios sanitarios quedan incluidos bajo el encabezado general de costos de servicios auxiliares.

El costo total para servicios auxiliares en plantas químicas es del rango de 30 a 80% del costo de adquisición de equipo, con 55% representando un promedio para una planta normal de proceso sólido-fluido. Para un simple producto, de poca importancia (planta de proceso continuo), el costo se encuentra ligeramente en la parte inferior del rango. El costo de servicios auxiliares, en términos de capital invertido, tiene un rango del 8 al 20% con un promedio del 13%.

Los servicios auxiliares son función del tamaño físico de la planta y se presentará en algún grado en muchas plantas. Sin embargo, no siempre habrá una necesidad para cada componente de los servicios auxiliares. La omisión de estos servicios pueden tender a incrementar el porcentaje relativo de otros servicios actualmente usados en la planta. El reconocimiento de este hecho, emparejado con una estimación cuidadosa de los servicios auxiliares usados en la planta, debe resultar seleccionando de la tabla 2.F.XI un costo razonable aplicable en el diseño de un proceso específico.

A.9 Terreno

El costo para terreno, derechos e inspección depende de la localización de la propiedad y puede variar por un factor de costo por acre tan alto como del 30 al 50 entre un distrito rural y una área altamente industrializada. Un promedio burdo de costos para terreno para plantas industriales va de un 4 a un 8% del costo de adquisición de equipo ó del 1 al 2% del capital total de inversión. Debido a que el valor del terreno no se crece con el tiempo, este costo no debe ser incluido en el capital de inversión fija cuando se estima ciertos costos de operación anuales, tales como depreciación.

VARIACION TIPICA EN % DE CAPITAL DE INV. FIJA PARA SERVICIOS

TABLA 2.F.XI

<u>SERVICIOS</u>	<u>RANGO DE %</u>	<u>VALOR TIPICO %</u>
GENERACION DE VAPOR	2.6 - 6	3.0
DISTRIBUCION DE VAPOR	0.2 - 2	1.0
SUMINISTRO, ENF. Y BOMBEO AGUA	0.4 - 3.7	1.8
TRATAMIENTO DE AGUA	0.5 - 2.1	1.3
DISTRIBUCION DE AGUA	0.1 - 2.0	0.8
SUBESTACION ELECTRICA	0.9 - 2.6	1.3
DISTRIBUCION ELECTRICA	0.4 - 2.1	1.0
SUMINISTRO Y DISTRIB. DE GAS	0.2 - 0.4	0.3
COMPRESION Y DISTRIB. AIRE	0.2 - 3.0	1.0
REFRIGERACION INCLUYENDO		
DISTRIBUCION	1.0 - 3.0	2.0
DISPOSICION DE DESECHOS DE		
PROCESO	0.6 - 2.4	1.5
DISTRIBUCION DE DESECHOS		
SANITARIOS	0.2 - 0.6	0.4
COMUNICACIONES	0.1 - 0.3	0.2
ALMACENAMIENTO DE MATERIA		
PRIMA	0.3 - 3.2	0.5
ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO	0.7 - 2.4	1.5
SISTEMA CONTRA INCENDIO	0.3 - 1.0	0.5
INSTALACIONES DE SEGURIDAD	0.2 - 0.6	0.4

B) Costos Indirectos

B.1 Ingeniería y Supervisión

Los costos para diseño de construcción e ingeniería, demanda, compra, construcción, costo de ingeniería y supervisión, viajes, reproducción y comunicaciones, y gastos de oficinas incluyen do gastos generales constituyen el capital de inversión para ingeniería y supervisión. Este costo, como no puede ser directamente cargado a equipo, materiales ó mano de obra, es considerado normalmente como un costo indirecto, y es aproximadamente un 30 % del costo de adquisición de equipo y un 8% de los costos totales directos de la planta. Variaciones típicas en porcentaje de capital de inversión fija para los constituyentes del costo de ingeniería y supervisión son dados en la Tabla 2.F.XII

B.2 Gastos de Construcción

Otro gasto incluido en costos indirectos, es el de construcción ó gastos de campo, e incluyen: construcción provisional, herramienta de construcción y renta, oficinas y casas para el personal localizado en el sitio de la construcción, salarios, impuestos y seguros, y otros gastos de construcción. Este gasto es ocasionalmente incluido en instalación de equipo, ó más a menudo bajo ingeniería, supervisión y construcción. Si los costos de construcción son estimados por separado, la Tabla 2.F.XIII será útil para establecer la variación en porcentaje del capital de inversión fija para los elementos que constituyen este costo indirecto. Para plantas de procesos químicos, los gastos de construcción promedio son aproximadamente el 10% del costo total directo para la planta.

B.3 Derechos del Contratista

Los derechos del contratista varían para diferentes situaciones, pero puede estimarse de un 2 a un 8% del costo directo de la planta ó de 1.5 a 6% del capital de inversión fija.

VARIACION TIPICA EN % DE CAPITAL DE INVERSION FIJA PARA
INGENIERIA Y SUPERVISION

TABLA 2.F.XII

<u>COMPONENTE</u>	<u>RANGO DE %</u>	<u>VALOR TIPICO %</u>
INGENIERIA	1.5 - 6.0	2.2
DEMANDA	2.0 - 12.0	4.8
COMPRA	0.2 - 0.5	0.3
CONSTRUCCION COSTO DE		
INGENIERIA Y ESTIMACION	0.2 - 1.0	0.3
VIDA Y VIAJES	0.1 - 1.0	0.3
REPRODUCCIONES Y COMUNI		
CACIONES	0.2 - 0.5	0.2
<hr/>		
INGENIERIA Y SUPERVISION		
TOTAL (INCLUYENDO GRALES.)	4.0 - 21.0	8.1

VARIACION TIPICA EN % DE CAPITAL DE INVERSION FIJA PARA
GASTOS DE CONSTRUCCION

TABLA 2.F.XIII

<u>COMPONENTE</u>	<u>RANGO EN %</u>	<u>VALOR TIPICO %</u>
OPERACION Y CONSTRUCCION		
PROVISIONAL	1.0 - 3.0	1.7
ALQUILER Y HERRAMIENTA DE		
CONSTRUCCION	1.0 - 3.0	1.5
OFICINAS Y CASAS PARA EL		
PERSONAL EN CAMPO	0.2 - 2.0	0.4
SALARIOS EN CAMPO	0.4 - 4.0	1.0
VIDA Y VIAJES	0.1 - 0.8	0.3
IMPUESTOS Y SEGUROS	1.0 - 2.0	1.2
MATERIALES Y MANO DE OBRA		
DE ARRANQUE	0.2 - 1.0	0.4
GENERALES	0.3 - 0.8	0.5
<hr/>		
GASTOS TOTALES DE		
CONSTRUCCION	4.2 - 16.6	7.0

B.4 Contingencias

Un factor de contingencia es usualmente incluido en la estimación del capital de inversión, para compensar los eventos inciertos tales como; huelga, tormentas, inundaciones, cambios de precios, pequeños cambios en el diseño, errores en la estimación, y otros gastos imprevistos, los cuales estadísticamente se han comprobado que ocurren. Este factor puede o no puede incluirse para un ajuste adecuado. Este factor va de un 5 a 15% de los costos directos e indirectos de la planta, con un promedio de 8%.

II CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo para una planta industrial consiste de la cantidad total de dinero invertido en:

- 1) Materia prima y suministros en existencias.
- 2) Productos terminados en existencias y productos semiterminados en el proceso de su terminación.
- 3) Cuentas por cobrar
- 4) Dinero en efectivo para pagos mensuales, tales como salarios, pagos, y compras de materias primas.
- 5) Pagos de cuentas
- 6) Pagos de impuestos.

El inventario de materias primas incluidas en el capital de trabajo comunmente son cantidades para suministro de un mes valoradas en precios de entrega. Las existencias de productos terminados y sin terminar tienen un valor casi igual al costo total de fabricación para un mes de operación. Debido a que los creditos son a pagar a un mes, el capital de trabajo requerido para cuentas a cobrar es ordinariamente el importe del costo de producción para un mes de operación.

La relación de capital de trabajo a capital total de inversión varia con diferentes compañías, pero muchas plantas químicas usan un capital de trabajo inicial del 10 al 20% del capital total de inversión. Este porcentaje puede incrementarse tan alto como un 50%, ó más para compañías que fabrican productos de demanda por temporadas, debido a los grandes inventarios que deben ser

mantenidos por periodos de tiempo considerables.

ESTIMACION DEL COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

La determinación del capital necesario para inversión, es solo una parte de una estimación de costo completa. Otra parte igualmente importante es la estimación de costos de operación de la planta y venta de los productos. Estos costos pueden ser agrupados dentro del concepto de costo total del producto. Este a su vez es dividido en costos de fabricación y gastos generales. Los costos de fabricación son conocidos también como costos de operación ó producción, y su subdivisión depende de la interpretación de costos directos e indirectos.

La exactitud es tan importante en la estimación del costo total del producto como en la estimación del capital de inversión. En la estimación del costo total del producto al ignorar los elementos de costo se incurre a los mayores errores en la estimación. Una lista tabulada es muy util para la estimación del costo total del producto y constituye una valiosa lista para comprobación. La tabla 2:F.XIV provee una lista de comprobación, la cual es tipica de los costos involucrados en operaciones de procesamiento químico.

Los costos totales del producto son comunmente calculados sobre una de las siguientes bases:

- I) Por día
- II) Por unidad de producto
- III) Anual

La base de costo anual es probablemente la mejor elección para la estimación del costo total del producto porque:

- 1) El efecto de variaciones de temporada es contemplado.
- 2) El factor de operación de equipo o tiempo en marcha de la planta es considerado.

COSTOS RELACIONADOS EN EL COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

TABLA 2.F.XIV

COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

A) COSTOS DE FABRICACION

COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION

CARGOS FIJOS

COSTOS GENERALES DE LA PLANTA

B) GASTOS GENERALES

GASTOS ADMINISTRATIVOS

GASTOS DE DISTRIBUCION Y MERCADO

INVESTIGACION Y DESARROLLO

FINANCIAMIENTO

GANANCIA BRUTA

- 3) Permite un calculo más rápido de costos de operación
- 4) Provee un camino conveniente de consideraciones raramente frecuentes en los gastos generales, como son que los costos anuales den vuelta en una refinería.

La mejor fuente de información para estimaciones de costo total del producto, son los datos de proyectos similares o idénticos. Muchas compañías tienen grandes archivos de sus operaciones, así que para estimaciones seguras y rápidas puedan ser hechas de los archivos existentes se ajustarán por costos incrementados, como un resultado de la inflación y diferencias de localización geográfica y sitio de la planta.

A) COSTOS DE FABRICACION

Todos los gastos directamente relacionados con la fabricación ó el equipo físico del proceso de una planta (operación) están incluidos en los costos de fabricación. Y se clasifican en:

- A.I) Costos Directos de Fabricación
- A.II) Cargos Fijos
- A.III) Gastos Generales de la Planta:

A.I Costos Directos de Fabricación

Incluyen gastos directamente asociados con la fabricación y son:

A.I.1 Gasto Para Materia Prima

Incluyendo transporte, descarga, etc. La relación de costo de materia prima con el costo de la planta obviamente varía considerablemente para diferentes tipos de planta. En plantas químicas, los costos de materia prima están en el rango de 10 a 50% del costo total del producto.

A.I.2 Mano de Obra Directa de Operación

Para la determinación del costo de mano de obra, debe tomarse en cuenta: tipo de trabajador requerido, su productividad, la localización de la planta, las tarifas de salarios.

A.I.3 Superintendente y Mano de Obra de Oficina

Directamente relacionada con la fabricación. El costo promedio es del 15% del costo de mano de obra de operación.

A.I.5 Mantenimiento y Reparación de la Planta

Es necesario este gasto para tener una condición de operación eficiente de la planta e incluye: el costo de mano de obra material y supervisión. En industrias de proceso, el costo anual de mantenimiento y reparación es por promedio a un 6% del capital de inversión fija.

A.I.5 Suministros de Operación

En cualquier operación de fabricación, muchos y diferentes suministros son requeridos para llevar el funcionamiento del proceso eficientemente, tales como gráficas, lubricantes, pruebas químicas, suministros de seguridad y suministros que no pueden ser considerados como materias primas ó materiales de mantenimiento y reparación. El costo anual para este tipo de suministros es cerca del 15% del costo total por mantenimiento y reparación.

A.I.6 Fuerza y Servicios

El costo para servicios, tales como vapor, electricidad, agua de proceso y enfriamiento, aire comprimido, gas natural, y combustible, varía ampliamente dependiendo de la cantidad de consumo, localización de la planta y de la fuente. Como una aproximación burda, los costos de servicios para procesos químicos comunes van de un 10 a un 20% del costo total del producto.

A.I.7 Cargos de Laboratorio

El costo de pruebas de laboratorio para control de ope-

· raciones y para control de calidad del producto es incluido en este costo de fabricación. Este gasto es generalmente calculado estimando las horas empleadas y multiplicandolo por la tarifa apropiada. Para estimaciones rápidas, este costo puede ser tomado del rango de 10 a 20% del costo de mano de obra de operación.

A.I.8 Patentes y Derechos

Muchos procesos de fabricación son protegidos con patentes, y puede ser necesario pagar una cantidad por utilizar ese proceso patentado. Para una aproximación burda de costos de patentes y derechos para procesos patentados es de un 0 a un 6% del costo total del producto, el ingeniero con criterio lo determinará debido a que los derechos varían con factores como el tipo de producto y de la industria.

A.I.9 Solventes y Catalizadores

Los costos para solventes y catalizadores puede ser significativo y depende del proceso de fabricación escogido.

A.II Cargos Fijos

Son gastos que permanecen prácticamente constantes año con año, y que no varían mucho con cambios en la cantidad de producción. Estos costos van del 10 al 20% del costo total del producto, siendo esta una aproximación burda.

A.II.1 Depreciación

Equipo, edificios, y otros objetos materiales incluidos en una planta de fabricación requieren una inversión inicial, la cual debe ser amortizada como un gasto de fabricación. Como se debe amortizar este costo, un decremento en el valor es asumido a ocurrir a través de la vida útil de las posesiones materiales. Este decremento en el valor es denominado depreciación. La tasa de depreciación anual para maquinaria y equipo comunmente es un 10% del capital de inversión fija, mientras que para edificios es

cerca del 3% del costo inicial de edificios.

A.II.2 Impuestos Locales

La magnitud de los impuestos locales por propiedad, depende de la localización particular de la planta y de las leyes regionales. Los impuestos por propiedad anuales, van de un 2 a un 4% del capital de inversión fija en áreas altamente pobladas, y de un 1 a un 2% en áreas menos pobladas.

A.II.3 Seguros

Las tarifas de seguros depende del tipo de proceso que se lleva en la operación de fabricación y de las facilidades de protección disponible y/o alcanzadas. Sobre una base anual, estas tarifas son cerca del 1% del capital de inversión fija.

A.II.4 Renta

Costos anuales para renta de terreno y edificios van de un 8 a un 12% del valor de la propiedad rentada.

A.III Gastos Generales de la Planta

Los costos anteriormente descritos estan directamente relacionados con la producción. Además, en todo caso otros gastos estan siempre implicados si la planta completa funciona como una unidad eficiente. Estos gastos requeridos para servicios de rutina de la planta estan incluidos en costos generales de la planta. Maquinaria, equipo y edificios son necesarios para muchos de los servicios generales de la planta, y los costos fijos y costos directos para ellos son parte de los costos generales de la planta. Los siguientes gastos comprenden el volumen de los costos generales de la planta:

Hospital y servicios medicos.

Ingeniería en general.

Servicios de seguridad.

Cafetería y facilidades de recreación.

Mantenimiento general de la planta.

Pagos generales incluyendo utilidades de los empleados.

Control de laboratorios.
Protección a la planta.
Veladores y servicios similares.
Oficinas.
Talleres.
Comunicaciones internas y transporte.
Almacenes, embarques y recibos.

Estos cargos estan cercanamente relacionados con los costos totales de mano de obra directamente conectada con la producción. Los costos generales de la planta para plantas químicas, es cerca del 50 al 70% del gasto total para mano de obra de operación, supervisión y mantenimiento.

B) GASTOS GENERALES

Además de los costos de fabricación otros gastos generales están incluidos en cualquier operación de una compañía. Estos gastos generales pueden ser clasificados como:

B.I Gastos Administrativos

Salarios y pagos para administradores, secretarias, contadores, y trabajadores similares son parte de los gastos administrativos, junto con costos para suministros de oficina y equipo, comunicaciones externas, edificios administrativos y otros gastos generales relacionados con las actividades administrativas. Estos costos pueden variar mucho de una planta a otra y depende un poco si es una planta nueva, o una adición a una ya existente. En la ausencia de datos de costos más precisos o para una estimación rápida, los costos administrativos pueden ser aproximadamente de un 20 a un 30% de la mano de obra de producción.

B.II Gastos de Distribución y Mercado

Desde un punto de vista practico, la operación que no es de fabricación puede ser considerada un suceso hasta que los productos han sido vendidos o puestos para algún uso provechoso. Es necesario, en consecuencia al considerar los gastos involucra

os en la venta de los productos. Incluidos en esta categoría están los salarios, suministros, pagos y otros gastos para oficinas de ventas, salarios, comisiones y gastos de viaje para vendedores, gastos de embarque, costo de envases, gastos de publicidad y ventas de servicios técnicos.

Los costos de distribución y mercado pueden variar ampliamente para diferentes tipos de plantas dependiendo del tipo de material que es producido, otros productos vendidos por la compañía, localización de la planta y política de la misma. Estos costos para varias plantas químicas están en el rango del 2 al 20% del costo total del producto.

B.III. Costos de Investigación y Desarrollo

Nuevos métodos y productos son constantemente desarrollados en las industrias químicas. Estos resultados son presentados con realce en investigación y desarrollo. Los costos de investigación y desarrollo incluyen salarios y honorarios para todo el personal directamente conectado con este tipo de trabajo, costos fijos y operativos para toda la raquinaria y equipo involucrado, costos para materiales y suministros, costos generales directos y costos misceláneos. En la industria química, estos costos van de un 2 a un 5% de todas las ventas.

B.IV Financiamiento

El interés es considerado a ser el pago remunerado por el uso de capital prestado. Una tarifa fija de interés es establecida en el tiempo que el capital es prestado, en consecuencia, el interés es un costo definido si es necesario conseguir un préstamo de capital para hacer investigación en una planta, si bien el interés sobre un capital prestado es un cargo fijo, es preferible separar el interés de otros cargos fijos y enlistarlo como un costo separado bajo el manejo general de costo de financiamiento o administración.

Cuando el capital de inversión es suministrado directa

mente de los fondos existentes de la compañía, es un punto de discusión si el interés debe ser cargado como un costo. Para calculos de impuestos sobre la renta, interés sobre dinero propio no puede ser cargado como un costo. En calculos de diseño, sin embargo el interés puede ser incluido como un costo, a menos de que haya seguridad que el capital de inversión total será suministrado por los fondos de la compañía y su misma política permita la eliminación de interés como un costo.

B.V Ganancias Brutas

Las entradas totales menos el costo total de producción dan las ganancias brutas para la particular operación de producción, la cual puede entonces ser tratada matemáticamente por cualquiera de los métodos existentes para tal fin.

Por las demandas de impuestos sobre la renta, la ganancia neta final es a menudo mucho menor que la ganancia bruta. Las tarifas de impuesto sobre la renta están basadas en las ganancias brutas recibidas de todas las compañías interesadas. Consecuentemente la magnitud de estos costos varía ampliamente de una compañía a otra.

RESUMEN

Los métodos para obtener estimaciones de costos han sido propuestos y enfatizados porque son extremadamente importantes para determinar la posibilidad de una inversión propuesta y para comparar alternativas de diseño. Las tablas 2.F.XV y 2.F.XVI dan las estimaciones de costos para capital de inversión y costos totales del producto respectivamente, y deberán ser usadas solo cuando datos más exactos no están disponibles. Ya que estos porcentajes dados en las tablas pueden variar dependiendo de la localización de la planta, tipo de proceso, complejidad de la ingstrumentación.

ESTIMACION DE COSTOS PARA CAPITAL DE INVERSION

TABLA 2.F.XV

<u>I.-COSTOS DIRECTOS</u>	70 - 85 % de C.I.F.
A) EQUIPO + INSTALACION + INSTRUMENTACION + TUBERIA + ELECTRICO + AISLAMIENTO + PINTURA	50 - 65 % de C.I.F.
1) EQUIPO ADQUIRIDO	15 - 40 % de C.I.F.
2) INSTALACION INCLUYENDO AISLAMIENTO Y PINTURA	25 - 55 % de C.E.A.
3) INSTRUMENTACION Y CONTROLES, INSTALADOS	6 - 30 % de C.E.A.
4) TUBERIA, INSTALADA	10 - 80 % de C.E.A.
5) ELECTRICO, INSTALADO	10 - 40 % de C.E.A.
B) EDIFICIOS, PROCESO Y SERVICIOS	10 - 70 % de C.E.A.
C) SERVICIOS AUXILIARES Y MEJORAS AL TERRENO	40 - 100 % de C.E.A.
D) TERRENO	1 - 2 % de C.I.F. 4 - 8 % de C.E.A.
<u>II.-COSTOS INDIRECTOS</u>	15 - 30 % de C.I.F.
A) INGENIERIA Y SUPERVISION	9 - 30 % de C.D.
B) GASTOS DE CONSTRUCCION Y DERECHOS DEL CONTRATISTA	6 - 20 % de G.D.
C) CONTINGENCIAS	5 - 15 % de C.I.F.
III.-CAPITAL DE INVERSION FIJA = C.D. (I) + C.I. (II)	
IV.-CAPITAL DE TRABAJO	
V.-CAPITAL DE INVERSION TOTAL = C.I.F. (III) + C.P. (IV)	

ESTIMACION DE COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

TABLA 2,F,XVI

I.- COSTOS DE FABRICACION = A + B + C

A) COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION	60 % C.T.P.
1.-MATERIAS PRIMAS	10 - 50 % C.T.P.
2.-MANO DE OBRA DE OPERACION	10 - 20 % C.T.P.
3.-SUPERVISION DIRECTA Y MANO DE OBRA DE OFICINA	10 - 25 % M..O.O.
4.-SERVICIOS	10 - 20 % C.T.P.
5.-MANTENIMIENTO Y REPARACION	2 - 10 % C.I.F.
6.-SUMINISTROS DE OPERACION	10 - 20 % de (5)
	.5- 1 % C.I.F.
7.-CARGOS DE LABORATORIO	10 - 20 % M.O.O
8.-REGALIAS Y PATENTES	0 - 6 % C.T.P.
 B) CARGOS FIJOS	 10 - 20 % C.T.P.
1.-DEPRECIACION DE: EDIFICIO	2 - 3 % Costo Edificio
MAQUINARIA Y EQUIPO	10 % C.I.F.
2.-IMPUESTOS LOCALES	1 - 4 % C.I.F
3.-SEGUROS	.4 - 1 % C.I.F
4.-RENTA	8 - 12 % *
 C) GASTOS GENERALES DE LA PLANTA	 5 - 15 % C.T.P.

II.- GASTOS GENERALES

A) COSTOS ADMINISTRATIVOS	2 - 6 % C.T.P.
B) COSTOS DE DISTRIBUCION Y MERCADO	2 - 20 % C.T.P.
C) COSTOS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO	5 % C.T.P.
D) FINANCIAMIENTO	0 - 10 % C.I.T

=====

III.- COSTO TOTAL DEL PRODUCTO = COSTOS DE FABRICACION + GASTOS GENERALES

IV.- COSTO DE GANANCIA BRUTA

NOTAS:

* del valor de terreno y edificios rentados

C.I.F. capital de inversión fija

C.I.T capital de inversión total

M.O.O. mano de obra de operación

C.T.P. costo total del producto

(5) costo de mantenimiento y reparación

C.E.A. costo de equipo adquirido

C.P. capital de trabajo

C.D. costos directos

C.I. costos indirectos

INTERES

Es el pago por compensación por el uso de capital prestado.

I) INTERES SIMPLE

La cantidad de capital sobre la cual el interés es pagado es llamado el principal (en terminología económica), y la tasa de interés es definida como la cantidad de interés ganada por una unidad de principal en una unidad de tiempo (comúnmente un año).

El interés simple requiere pago de compensación con una tasa de interés constante basada solamente en el principal original.

P	Principal
n	Nº de unidades de tiempo ó periodos de interés
i	Tasa de interés
I	Cantidad de interés simple durante n periodos

$$I = P i n \quad \text{Ec. 2.f.1}$$

S Cantidad total después de n periodos = principal más interés simple

$$S = P + I = P (1 + in) \quad \text{Ec. 2.f.2}$$

II) INTERES COMPUESTO

En el pago de interés simple, no hay diferencia si es pagado puntualmente los intereses ó si son pagados al final del periodo de interés.

Debido a que el interés es un capital negociable, tiene un valor temporal, por lo que, si los pagos son puntuales ese interés se pone a trabajar para dar ganancias adicionales.

El interés compuesto toma en cuenta este factor, y si

el pago no es puntual, para el siguiente periodo se carga interés sobre la suma del principal y el interés no pagado en su tiempo.

$$S = P (1 + i) ^ n \quad \text{Ec. 2.f.3}$$

$(1 + i) ^ n$ Factor de interés compuesto.

VALOR PRESENTE Y DESCUENTO

Es necesario a veces determinar la cantidad de dinero, que debe estar disponible en el tiempo presente con objeto de tener una cierta cantidad acumulada en algún tiempo definido en el futuro. Debido a que el tiempo esta incluido, el interés debe ser tomado en cuenta. El valor presente de una cantidad futura es el principal presente que debe ser depositada con una tasa de interés dada para producir la cantidad deseada en el futuro.

$$P = S \frac{1}{(1+i)^n} \quad \text{Ec. 2.f.4}$$

en donde:

P Principal inicial
S Cantidad disponible después de n periodos de interés
i Tasa de interés compuesto
 $\frac{1}{(1+i)^n}$ Factor de valor presente (pagos simples)

En la terminología de negocios, la diferencia entre el valor futuro indicado y el valor presente es conocido como el descuento.

$$\text{Descuento} = \text{Valor Futuro} - \text{Valor Presente} = S - P \quad \text{Ec. 2.f.5}$$

ANUALIDAD

Una anualidad es una serie de pagos iguales hechos en intervalos iguales de tiempo.

VALOR PRESENTE DE UNA ANUALIDAD

El valor presente de una anualidad es definida como el principal que se debe tener para ser invertido en el presente con una tasa de interés compuesto i para producir una cantidad total en el final del termino de la anualidad igual a la cantidad de la anualidad.

$$P = R \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad \text{Ec. 2.f.6}$$

en donde:

P Valor presente de una anualidad

R Pago uniforme hecho durante n periodos de tiempo

$\frac{(1+i)^n - 1}{i}$ Factor de valor presente = FVP

$i(1+i)^n$

$1/\text{FVP}$ Factor de recuperación de capital.

FORTRAN

Es un lenguaje que utiliza palabras en inglés que reducen el número de instrucciones (que se le deben dar a la máquina para que haga lo que uno le pide), fácil de leer y comprender

Utilizable con ciertas modificaciones en varios tipos de computadora (tarjetas, teletipo y pantalla).

COLUMNAS

En el lenguaje fortran IV se utilizan 72 columnas, las primeras cinco sirven para enumerar la declaración ó declaraciones, la sexta se utiliza para denotar continuación en el siguiente renglón, a partir de la séptima se escribe la declaración deseada, para hacer comentarios se utiliza la letra C en la primera columna.

ETIQUETA

Es un número entero del 1 al 99999 que debe ser escrito en las cinco primeras columnas y que no debe aparecer dos veces en un mismo programa.

DECLARACIONES

Son conjuntos de caracteres que comprende la máquina para indicarle lo que debe hacer. Se empieza a escribir a partir de la séptima columna.

CARACTERES

Alfanúmericos:

A B C D E F G H I J K L M N O P R S T U V W X Y Z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

Otros:

' " , _ + / *) (& %

% para denotar el caracter blanco

CONSTANTES

Una cantidad que no cambia en el transcurso de los cálculos.

Constante Entera

Una secuencia de dígitos, precedidos opcionalmente con un signo más (+) ó menos (-). No debe llevar punto decimal.

Constante Real

Es almacenado en forma logarítmica: mantisa y exponente, por lo cual debe escribirse con punto o bien en forma exponencial. Sólo ocupa una localidad en la memoria.

Constante Lógica

Sólo puede tomar uno de los dos siguientes valores: ,True. (cierto) ó .False. (falso).

Constante de Doble Precisión

Suelen presentarse en forma de potencia, usando D en lugar de la E (que sirve para expresarse en forma exponencial). Por ejemplo 1.5D6 que es equivalente a 1.5×10^6 , y que ocupa dos localidades en la memoria.

VARIABLES

Es una etiqueta a la que se le asigna una localidad de la memoria, por lo que al referirse a la variable uno se refiere al valor almacenado en esa localidad y por lo tanto puede variar. Se forma con caracteres (de 1 a 6) con la condición de que el primero sea una letra.

Variable Entera

Cuando empieza con las letras : I, J, K, L, M y N

Variable Real

Cuando empieza con cualquiera de las siguientes letras: De la A a la H, de la O a la Z, y \$

Variable Lógica

Se utiliza en criterios de convergencia, toma uno de dos valores T (cierto) ó F (falso).

Variable Compleja

Existen dos localidades de memoria para ella, siendo una pareja de reales (a,b), con a como la parte real y b como la parte imaginaria.

Variable de Doble Precisión

Ocupa dos localidades y se debe tener cuidado en como se trabaja, si se emplean también reales, el real sólo ocupa una localidad y podría suceder que la máquina escogiera arbitrariamente y el resultado lo puede almacenar en forma real ó de doble precisión.

EXPRESIONES ARITMETICAS

Cuando la computadora se encuentra con una expresión aritmética realiza las operaciones en orden de mayor a menor precedencia relativa.

Cuando hay paréntesis primero hace lo que esta entre paréntesis, yendo de adentro hacia afuera, y desde luego dentro de cada paréntesis, la computadora obedecerá la precedencia de cada operación y si hay de igual precedencia lo ejecuta de izquierda a derecha. Con las siguientes reglas:

- 1) No se vale poner dos signos juntos (excepto exponenciación ** que es uno solo).

2) Las variables y constantes deben de estar separadas por un operador.

<u>Función</u>	<u>Operador</u>	<u>Precedencia Relativa</u>
Paréntesis	()	10
Exponenciación	**	9
Cambio de signo	-	8
División	/	7
Multiplicación	*	7
Suma	+	5
Resta	-	5
Asignación	=	Más baja precedencia

3) Cuando la computadora envuentra una expresión del tipo:
 $AVC = (S + X) / (Y - O)$ lo que hace es calcular el lado derecho de la expresión y el resultado lo almacena en la localidad llamada AVC.

READ

Declaración para decirle a la máquina que lea los datos. Hay dos tipos de instrucción:

1.- Con formato libre

Se pone Read *,variable

2.- Con formato

Se pone Read N° etiqueta,variable .En donde el número de etiqueta nos manda a una declaración donde se especifica el tipo de formato requerido.

PRINT

Declaración para decirle a la máquina que escriba los datos o resultados. Hay dos tipo de instrucción:

1.- Con formato libre

Se pone Print *,variable

2.- Con formato

Se pone Print N° etiqueta,variable. En donde el número de etiqueta nos manda a una declaración donde se especifica el tipo de formato requerido.

IF LOGICO

Sirve para comparar expresiones, si se cumple lo que se pregunta obedece al IF, y si no se cumple se sigue a la siguiente etiqueta.

Se pone IF (expresión .operador de relación. expresión) declaración ejecutable

<u>Función</u>	<u>Operador</u>	<u>Precedencia Relativa</u>
Igual	.EQ. ó .IS.	4
Desigual	.NE.	4
Mayor que	.GT.	4
Menor que	.LT.	4
Mayor ó igual que	.GE.	4
Menor ó igual que	.LE.	4
Negación	.NOT.	3
Y	.AND.	2
O	.OR.	1

Los operadores de relación: .AND., .NOT., .OR., e .IS. sólo pueden usarse con variables ó constantes lógicas. El resultado de comparar dos expresiones es una constante lógica.

IF ARITMETICO

Declaración ejecutable que tiene el siguiente efecto:

IF (expresión) etiqueta a,etiqueta b,etiqueta c

Si la expresión es menor (<) a 0 va a la etiqueta a

Si la expresión es igual (=) a 0 va a la etiqueta b

Si la expresión es mayor (>) a 0 va a la etiqueta c

La expresión puede ser entera,real ó de doble precisión.

GO TO

La declaración GO TO transfiere el control a un lugar determinado al que nos referimos por medio de una etiqueta.

La instrucción GO TO se puede unir al IF lógico,dando una combinación de gran utilidad.

IF (expresión .operador de relación. expresión) GO TO N° etiqueta

GO TO ARITMETICO

En este tipo de declaración se calcula la expresión y se escoge la etiqueta correspondiente,donde m es una lista de etiquetas separadas por una coma,es decir,si el valor de la expresión toma el valor de 1 se irá a la primera etiqueta de la lista entre paréntesis.A continuación se muestra

GO TO (m),expresión

STOP

Es una declaración también ejecutable que indica un paro en el programa.Por lo tanto STOP podría ir en un IF,y puede aparecer muchas veces en el programa.

END

Esta declaración no es ejecutable y sólo indica a la máquina que el programa ha terminado, por lo mismo, sólo puede aparecer una vez.

ARREGLOS

Se usan variables con índices para indicar a la máquina de cuantos elementos cuenta el arreglo. Variable (I, J, ...), en donde los índices no deben ser mayor de 31.

DIMENSION

Esta declaración sirve para darle valores a los índices de un arreglo.

DECLARACIONES DE TIPO

Deben ir al principio del programa, sirven para indicarle a la máquina que las variables incluidas en la lista, independientemente de la letra con la que comiencen son del tipo indicado. Hay cinco declaraciones de tipo, que son las siguientes:

1.-REAL (lista de variables)

2.-INTEGER, (lista de variables)

3.-LOGICAL (lista de variables)

4.-COMPLEX (lista de variables)

5.-DOUBLE PRECISION (lista de variables)

DO B A=X, Y, Z

Es una declaración, la cual hace que se realice un anillo, es decir, el proceso por el cual una variable empieza con

un cierto valor (X), a continuación ejecute todas las declaraciones comprendidas en el anillo. Después de ejecutar la que posee la etiqueta B, incrementa el valor de A por Z, pregunta si el nuevo valor de A es mayor o igual que el valor límite Y, cuando A es mayor que Y se sale del anillo y ejecuta la siguiente declaración a la etiquetada B.

CONTINUE

Esta declaración sirve para referirse a un punto del programa.

FORMATOS

Describen la forma que tienen los datos, que nosotros suministramos a la máquina y también en que forma queremos que los escriba. Para darle esta información a la máquina se utiliza la declaración FORMAT.

Desde luego que en las columnas 1, 2, 3, 4 y 5 debe ir el número de una etiqueta por medio de la cual nos referimos a cada formato. Dentro de los paréntesis va la información del tipo y tamaño del espacio reservado para el valor y el número de valores (campos) que queremos.

Formato I

Sirve para variables enteras, se escribe de la siguiente forma: aIw, donde a especifica el número de campos, I denota que es para variables enteras ó constantes y w el número de columnas.

Formato F

Sirve para variables reales, se escribe de la siguiente forma: aFw.d, donde d indica las columnas a la derecha para los decimales y F indica número real.

A las variables reales también se les puede dar notación científica, para lo cual está el Formato E y se escribe de la siguiente forma: aEw.d, en este caso w debe ser mayor ó igual a d + 7, puesto que se necesita cuatro espacios para el exponente (E-02), uno para el signo (+ ó -), uno para el cero precedente y uno para el punto decimal (.).

Formato D

Sirva para las variables de doble precisión, es de la forma: aDw.d, en donde w ahora debe ser mayor ó igual a d + 10 espacios, puesto que necesita ahora espacios para cinco números del exponente.

Formato L

Sirva para variables lógicas. Se escribe de la forma: Lw. En salida sólo pone T (cierto) ó F (falso), sin importar el campo que se le haya asignado, rellenando con blancos a la izquierda.

Formato A

Sirve para leer y escribir caracteres y puede ser asociado a variables tanto reales, enteras ó de doble precisión.

Formato X

En entrada indica que se ignore el contenido de a columnas y en salida que se inserte un campo de a blancos. Es de la forma: aX

Formato P

Es de la forma: nP, donde n es un entero que puede estar precedido de un signo menos (-), la P correrá el punto decimal a la izquierda tantas veces como lo indique el número n en la entrada, y lo correrá a la derecha en la salida, con el efecto inverso si tiene -n.

SUBPROGRAMAS

Cuando un programa resulta muy largo por tener que repetirse un mismo conjunto de declaraciones que ejecutan un cálculo en diferentes partes del programa. A ese conjunto de declaraciones se le codifica como si fuera un programa que se le llamará en el programa principal tantas veces como sea necesario ejecutar el cálculo. En Fortran IV es posible construir un programa principal y los subprogramas.

<u>Subprogramas</u>	{	<u>Funciones</u> Tienen un valor asociado
		<u>Subrutinas</u> No. tienen valor asociado

Función

La primera declaración en subprograma tipo Función debe ser: FUNCTION nombre (lista de argumentos). Una función puede ser de cualquier tipo y este debe especificarse a menos que el nombre sea escogido de acuerdo a la misma convención de las variables. La correspondencia entre argumentos actuales y mudos no se establece por nombre sino por orden.

Cuando la máquina encuentra una llamada a una función, calcula los argumentos, busca el lugar donde se encuentra definida la función, ya sea interna ó externa, sustituye los valores en las variables mudas, calcula el valor de la función y lo regresa al lugar de donde proviene la llamada. Después continúa la ejecución de la ecuación ó instrucción

Subrutina

No puede usarse como variable su nombre puesto que no tiene valor, puesto que es simplemente el nombre del subprograma

En este caso la transmisión de datos en ambos sentidos sólo se hace a través de los argumentos.

La primera declaración es SUBROUTINE nombre (lista de

argumentos), y para llamarla CALL nombre (lista de argumentos)

RETURN

Se pone al final de un subprograma, implicando que se regrese a la siguiente declaración después de la llamada del subprograma.

COMMON

No se puede usar el nombre COMMON como variable. Con el COMMON se pasa información del programa principal a los subprogramas ó entre los propios subprogramas y debe aparecer en todos con el mismo nombre. La lista de variables no tiene que ser igual ni tampoco el tipo, pero sí las asociará en el orden exacto.

DATA

Esta declaración no es ejecutable y sirve para dar valores iniciales a la lista de variables indicadas. El orden de almacenamiento es por columna. Se escribe de la siguiente forma:

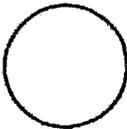
DATA (lista de variables) / (lista de valores) /

SIMBOLOGIA

A continuación se explican brevemente los símbolos utilizados para el diagrama de flujo del programa principal y subprogramas.

Bloque Inicial y Final

Se utiliza cada vez que se empieza ó se termina la solución de un problema, y también sirve para la representación de la declaración STOP.



Flecha de Flujo

Esta flecha indica el orden en que los pasos para resolver el problema deben ser tomados.



Bloque Procesador

En este símbolo se ponen los cálculos necesarios para resolver el problema. Debe tener por lo menos una flecha de entrada y sólo una de salida.



Bloque de Entrada

Los valores de las variables de la lista K son leídos como datos de entrada.



Bloque de Salida

Los valores de las variables son impresas. Un mensaje para imprimir es encerrado con paréntesis.



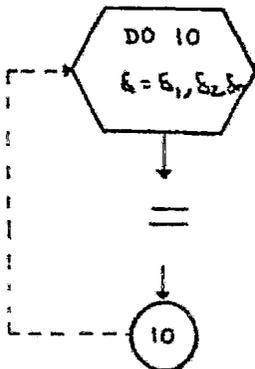
Bloque de Decisión

Este tipo de bloque tiene una flecha de entrada y exactamente dos de salida, que son para definir si la respuesta fué "si" ó "no", esta pregunta en general se hace en términos de variables ya definidas en el diagrama de flujo.



Anillo DO

El contador k es incrementado uniformemente (en valores de $k_2 - k_1$) entre el límite inicial (k_1) y final (k_n) respectivamente. Para cada valor de C la secuencia de cálculos es seguida hasta el siguiente valor de k , si el contador es menor ó igual al límite final y si es mayor se sale del anillo.



B A S E S D E D I S E Ñ O

C A P I T U L O I I I

INTRODUCCION

Al transferir un líquido de un punto a otro, se hace necesario el uso de bombas, y por lo tanto se requiere poner atención tanto en la selección de la bomba como en el análisis hidráulico del sistema en el que se encuentra la bomba ó bombas.

Para llevar a cabo la selección de la bomba a utilizar es necesario conocer la capacidad, así como evaluar la carga (energía) que tiene que proporcionar. Con este fin se efectúa un balance de energía en el sistema en el cual se va a encontrar situada la bomba.

Para poder efectuar este balance de energía es necesario conocer los siguientes datos:

1.-Gasto

Es un factor muy importante en la evaluación de un sistema de bombeo. Ya que durante el diseño de un proceso generalmente se analizan diferentes casos, basados en diversas alternativas de cargas de alimentación, especificaciones de productos y/o arreglos de equipos.

2.-Temperatura del Fluido

Máxima, mínima y normal. Es importante proporcionar la temperatura máxima que se puede presentar en el sistema ya que con ella podemos determinar la máxima presión de vapor que puede tener el fluido y así evaluar el mínimo NPSH disponible.

3.-Presión en los Recipientes del Sistema de Bombeo

Máxima, mínima y normal. Es importante proporcionar la presión máxima ya que con ella podemos determinar nuestra máxima carga de diseño de la bomba así como el mínimo NPSH disponible.

4.-Elevación en los Recipientes

Es importante conocer la elevación en los recipientes del sistema con respecto al eje central de la bomba, para poder determinar las cargas estáticas.

5.-Tubería

Se requiere conocer la longitud, diámetro y configuración de la tubería, así como el tipo y número de accesorios que en ella se encuentran para poder determinar la velocidad del fluido en la tubería y conocer las pérdidas de presión por fricción en la misma.

CRITERIOS GENERALES

En el caso en que se esté diseñando el sistema de bombeo lo primero que se requiere determinar es el diámetro de la tubería.

Para ello se tienen tres criterios:

- 1) Diámetro Económico
- 2) Velocidad Recomendada
- 3) Caída de Presión Máxima Permisible

I) DIAMETRO ECONOMICO

Este es el procedimiento riguroso para llevar a cabo la determinación del diámetro de la tubería. Se utiliza cuando se diseñan tuberías largas como son: poliductos, oleoductos, etc., o bien en líneas de una longitud considerable dentro de plantas

Para unas condiciones de operación dadas, un incremento en el diámetro implicará un incremento en los costos fijos (tubería y accesorios) y un decremento en los costos de operacionales (energía para bombeo), lo inverso es cierto cuando se reduce el diámetro de la tubería. Por lo tanto, existe un valor del diámetro que nos da un costo óptimo.

Para determinar este valor del diámetro económico se requiere combinar los principios de la dinámica de fluidos y consideraciones económicas. El punto óptimo es aquél, en el cual la suma de los costos fijos y los costos de operación son mínimos (Ver la Figura 3.B.1 y la Figura 3.B.2).

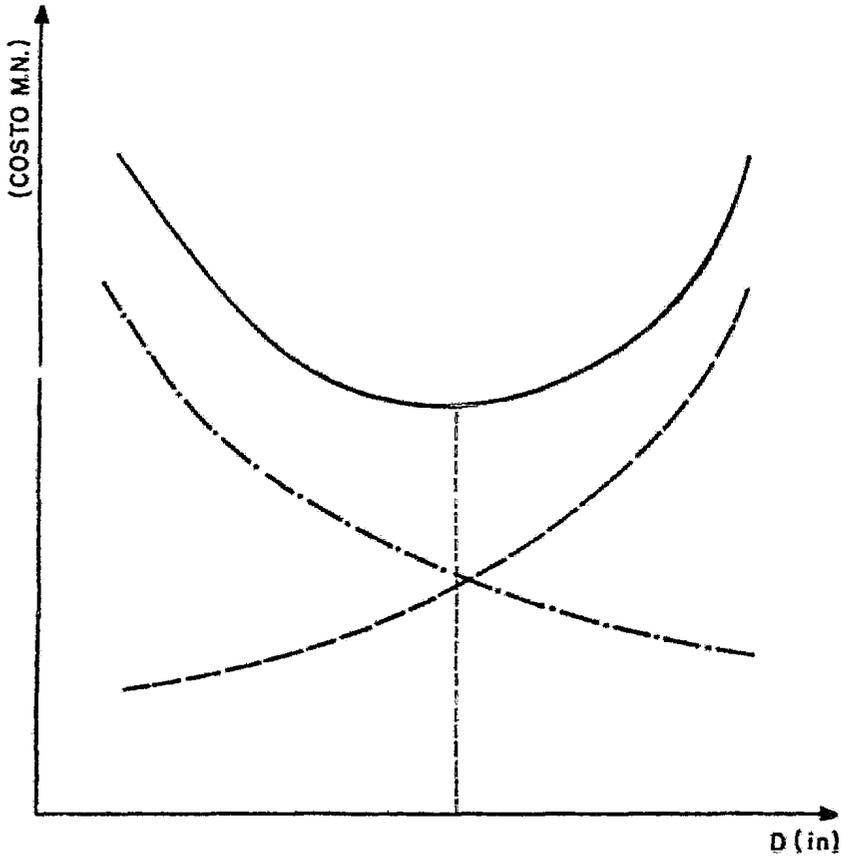
Evaluación de los Costos

Con respecto a los costos fijos se consideran los siguientes:

1.1 Costo de Tubería

Con los datos del espesor de la tubería y el diámetro

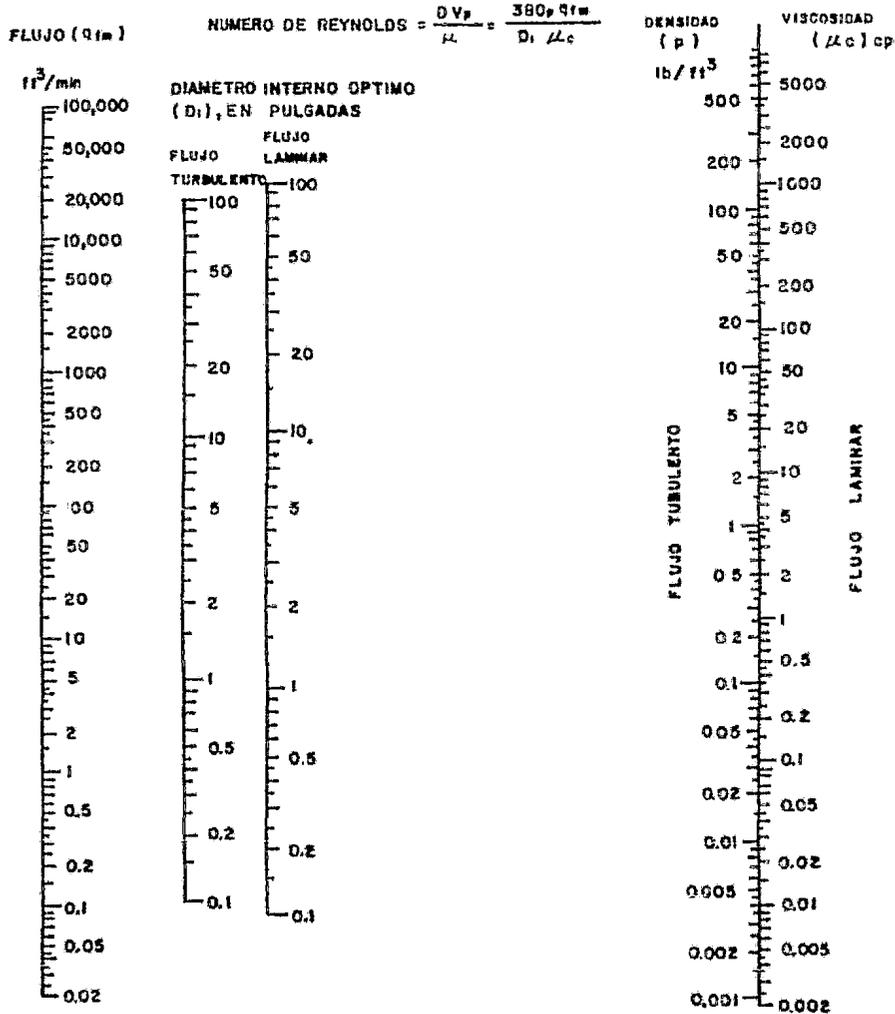
FIGURA 3.B.1



- COSTOS TOTALES
- · - · COSTOS DE OPERACION
- - - COSTOS FIJOS

DIAMETRO ECONOMICO

FIGURA 3.B.2



FLUJO TURBULENTO ($N_{Re} > 2100$)

UNA LOS VALORES DE ρ Y q_{lm} CON UNA RECTA Y OBTENGA EL VALOR DEL DIAMETRO INTERNO EN EL EJE DE "FLUJO TURBULENTO"

FLUJO LAMINAR ($N_{Re} < 2100$)

UNA LOS VALORES DE μ_c Y q_{lm} CON UNA RECTA Y OBTENGA EL VALOR DEL DIAMETRO INTERNO EN EL EJE DE "FLUJO LAMINAR"

de la misma, se busca en la Tabla 3.B.I el costo por metro lineal de tubería, y este valor es multiplicado por la longitud de la tubería.

Este costo por metro lineal de la tubería incluye los siguientes costos:

1.1.a) Costo de materiales

1.1.a.1.-De tubería

1.1.a.2.-Anticorrosivo

1.1.a.3.-Instalaciones de válvulas

1.1.a.4.-Instalaciones de trampas de diablos

1.1.a.5.-Fletes

1.1.b) Mano de obra por construcción

1.1.b.1.-Línea regular (70% tierra y 30% roca suelta)

1.1.b.2.-Instalaciones de trabajos adicionales

1.1.b.3.-Inspección radiográfica.

1.1.b.4.-Protección catódica.

1.1.c) Importe ingeniería.

1.1.d) Supervisión de construcción

1.2 Costo de Sistema de Bombeo

Se obtiene al multiplicar los BHP obtenidos en el balance de energía y divididos por la eficiencia, por el costo de bombeo por BHP instalado.

1.3 Costo de Mantenimiento de Tubería

Este costo se obtiene como un porcentaje del costo total de inversión de la tubería. Aproximadamente va desde un 3 a un 6 %.

1.4 Costo de Mantenimiento de Bombas

Este costo se va a obtener como un porcentaje del costo total de inversión de las bombas. Va generalmente de un 20% a un 35 % del mismo.

ANALISIS DE COSTO POR METRO LINEAL

TUBERIA API-STD-SLK X-52

TABLA 3.B.I

(OCTUBRE DE 1981)

<u>DIAM. EXT.</u>	<u>ESPESOR</u>	<u>PESO TUBERIA</u>	<u>COSTO TOTAL *</u>
<u>plg.</u>	<u>plg.</u>	<u>kg/m</u>	<u>\$/m</u>
8.625	0.188	25.23	1,287
8.625	0.219	29.28	1,371
8.625	0.250	33.31	1,455
10.75	0.188	31.17	1,519
10.75	0.219	36.32	1,626
10.75	0.250	41.77	1,731
10.75	0.279	46.47	1,830
10.75	0.307	51.00	1,910
10.75	0.344	56.94	2,036
12.75	0.219	43.66	1,898
12.75	0.250	49.72	2,000
12.75	0.281	55.74	2,126
12.75	0.312	61.74	2,235
12.75	0.330	65.20	2,293
12.75	0.344	67.89	2,354
14	0.219	48.01	2,119
14	0.250	54.68	2,215
14	0.281	61.32	2,343
14	0.312	67.94	2,457
14	0.344	74.73	2,609
14	0.375	81.28	2,712
16	0.219	54.98	2,311
16	0.250	62.63	2,503
16	0.281	70.26	2,667
16	0.312	77.86	2,815
16	0.344	85.68	2,935
16	0.375	93.21	3,126
18	0.250	70.59	3,107
18	0.281	79.21	3,299
18	0.312	87.79	3,468
18	0.344	96.62	3,670
18	0.375	105.14	3,866
18	0.406	113.63	4,064
20	0.250	78.54	3,551
20	0.281	88.15	3,764
20	0.312	97.71	3,944
20	0.344	107.56	4,170
20	0.375	117.07	4,388
20	0.438	136.30	4,836
22	0.250	86.50	3,820
22	0.312	107.65	4,324
22	0.344	116.50	4,585
22	0.375	129.01	4,833
22	0.406	139.46	5,083
22	0.500	171.01	5,836

ANALISIS DE COSTO POR METRO LINEAL

TUBERIA API-STD-51X X-52

TABLA 3.B.I

(OCTUBRE DE 1981) CONT.

<u>DIAM. EXT</u>	<u>ESPESOR</u>	<u>PESO TUBERIA</u>	<u>COSTO TOTAL *</u>
<u>plg.</u>	<u>plg.</u>	<u>Kg/m</u>	<u>\$/m</u>
24	0.250	94.95	4,284
24	0.312	117.57	4,749
24	0.344	129.45	5,028
24	0.375	140.94	5,296
24	0.478	164.17	5,823
24	0.500	186.92	6,361
26	0.281	114.46	5,021
26	0.312	127.50	5,338
26	0.344	140.40	5,663
26	0.375	152.87	5,977
26	0.478	178.10	6,614
26	0.500	202.83	7,238
30	0.281	132.85	5,668
30	0.312	147.36	5,903
30	0.344	162.28	6,242
30	0.375	176.73	6,566
30	0.438	205.98	7,231
30	0.500	234.64	7,895
36	0.312	117.34	7,404
36	0.344	195.12	7,622
36	0.375	212.52	8,219
36	0.478	247.78	9,022
36	0.500	282.36	9,838
36	0.562	316.82	9,917
42	0.344	227.95	9,529
42	0.436	289.59	11,084
42	0.500	330.09	12,106
42	0.625	411.37	14,155
48	0.375	284.11	11,747
48	0.500	377.81	14,110
48	0.625	471.02	16,458
48	0.750	563.73	18,798

* Este costo total incluye lo siguiente:

A) COSTO DE MATERIALES

1.-TUBERIA

2.-ANTICORROSIVOS (PROTEXA)

3.-INSTALACIONES:

3.1.-VALVULA (TRES VALVULAS DE SECCIONAMIENTO)

3.2.-TRAMPA (CUATRO TRAMPAS DE DIABLOS)

B) MANO DE OERA POR CONSTRUCCION

1.-LINEA REGULAR (70% TIERRA Y 30% ROCA SUelta)

2.-INSTALACIONES TRABAJOS ADICIONALES

3.-INSPECCION RADEOGRAFICA

4.-PROTECCION CATEDECA

C) IMPORTE INGENIERIA

D) SUPERVISION DE CONSTRUCCION

Con respecto a los costos variables se consideran los siguientes:

2.1 Costo de Inventario del Fluido

Como se trata de un oleoducto, este siempre estará lleno de producto, por lo cual se saca el costo de mismo para nuestra estimación del costo total de un oleoducto.

Este costo se considera variable porque el precio del crudo varia con el tiempo.

Este costo se obtendrá por las siguientes ecuaciones:

$$\text{Costo Inventario} = V_{\text{tub}} * \text{CFB} \quad \text{Ec. 3.b.1}$$

$$V_{\text{tub}} = 3.187190 \text{ Dint}^2 * \text{Long.} \quad \text{Ec. 3.b.2}$$

en donde:

V_{tub} Vólumen interno de la tubería, barriles

CFB Costo del fluido por barril, \$/barril

Dint Diámetro interno de la tubería, plg.

Long Longitud de la tubería, kilometros

2.2 Costos de Operación

Este costo se obtiene a partir de los BHP al freno requeridos, para nuestro sistema y con la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Costo}_{\text{operación}} = (C_{\text{vapor}} + C_{\text{e. eléct.}}) * \text{FVP} \quad \text{Ec. 3.b.3}$$

$$C_{\text{vapor}} = \text{POTOT} * 8,000. * \text{CONSV} * \text{ZVAP} \quad \text{Ec. 3.b.4}$$

$$C_{\text{e. eléct.}} = \text{KWHTOT} * \text{ZKWH} * 8,000. \quad \text{Ec. 3.b.5}$$

$$\text{FVP} = \frac{(1 + \text{ZINT})^{\text{NAB}} - 1}{\text{ZINT} * (1 + \text{ZINT})^{\text{NAB}}} \quad \text{Ec. 3.b.6}$$

en donde:

FVP Factor de valor presente

POTOT Potencia total, BHP

KWHTOT Potencia total, KWH

CONSV = Consumo de vapor si la bomba es accionada por turbina de vapor, en kg/h-HP

ZVAP = Costo del vapor, en \$/kg

ZKWH = Costo de la energía eléctrica si la bomba es accionada por motor eléctrico, en \$/KWH

ZINT = Interés anual

NAB = Vida útil de la bomba, en años

2.3 Depreciación del Equipo

Para obtener la depreciación del equipo se requiere de la vida útil del mismo.

2.3.1 Depreciación de la tubería

$$D = \frac{P - L}{NANO} \quad \text{Ec. 3.b.7}$$

2.3.2 Depreciación de las bombas

$$D = \frac{P - L}{NAB} \quad \text{Ec. 3.b.8}$$

en donde:

D = Depreciación, se utilizó la de Línea Recta

NANO = Vida útil de la tubería, en años

P = Valor de adquisición del equipo

L = Valor de rescate

NAB = Vida útil de la bomba, en años

La depreciación es el costo virtual que se asigna anualmente al estado de resultados con el objeto de recuperar la inversión hecha en equipo, maquinaria y edificios, siendo una variable muy importante la vida útil de los mismos.

II) VELOCIDAD RECOMENDADA

Este método es empleado en líneas dentro de plantas. Es importante la consideración de la velocidad del fluido por otros factores como son:

a) Erosión

Para evitarla se limita la velocidad máxima en los

líquidos a 15 ft/seg., a menos que se empleen materiales muy resistentes como el cobre-níquel.

b) Posible formación de gases y/o vapores

Cuando se tiene una alta caída de presión y ésta es causada por velocidades excesivas. Este punto es importante en el manejo de líquidos saturados.

c) Sedimentación de sólidos

Debidos a bajas velocidades, lo que ocasiona una reducción en el área de flujo y por lo tanto, caídas de presión mayores a las de diseño.

En la Tabla 3.B.II se presentan velocidades recomendadas para diferentes fluidos y en la Tabla 3.B.III se encuentran tabulados valores de velocidad en función de la densidad del fluido, éstos valores se presentan en la Fig. 3.B.3

A partir de los valores presentados en diferentes tablas se han correlacionado ecuaciones para la evaluación de la velocidad recomendada una de ellas es la siguiente ecuación:

$$v = 5.6 D_i^{0.304} \quad \text{Ec. 3.b.9}$$

en donde:

v = velocidad recomendada del fluido, en ft/seg.

D_i = diámetro interno de la tubería, en pulgadas

Una vez determinada la velocidad del fluido, se procede a la evaluación del área de flujo requerida, para lo cual se puede utilizar las siguientes ecuaciones:

2.1 Cuando se emplea flujo volumétrico

$$A_i = \frac{144 q}{v} \quad \text{Ec. 3.b.10}$$

en donde:

A_i = Área transversal de la tubería, en pulgadas cuadradas

q = Flujo volumétrico, en ft³/seg

v = Velocidad recomendada, en ft/seg

VELOCIDAD RECOMENDADA DE FLUIDOS

TABLA 3.B.II

<u>TIPO DE FLUIDO</u> <u>=====</u>	<u>Diam.Nom.</u> <u>=====</u>	<u>VEL ft/seg</u> <u>=====</u>	<u>P₁₀₀ (PSI)</u> <u>=====</u>
SUCCION DE BOMBAS (LIQ.SATURADO)	2" ó menor 3" - 8" 10" - 20" mayor de 20"	0.5 - 1.5 1.5 - 2.5 2.5 - 3.5 3.5 - 4	0.25 - 0.25 0.25 - 0.25 0.25 - 0.25 0.25 - 0.25
SUCCION DE BOMBAS (LIQ. SUBENFRIADO)	2" ó menor 3" - 8" 10" - 20" mayor de 20"	1 - 2 2 - 4 3 - 6 6 - 8	0.1 - 1 0.1 - 1 0.1 - 2 0.1 - 2
DESCARGA DE BOMBAS	2" ó menor 3" - 8" 10" - 20" mayor de 20"	1 - 4 5 - 8 8 - 10 10 - 15	1 - 2 1 - 2 1 - 3 1 - 3
LIQUIDO BAJANTE DE UN REHENVIDOR		1 - 4	0.25
LINEAS DE REFRIGERANTES		2 - 4	0.25
ALIMENTACION A ENPRIADORES		6	
RESIDUO DE FONDOS DE UNA TORRE		4 - 6	1.5
ALIMENTACION A TORRE FRACCIONADORA		4 - 6	
SALIDA DE UN CONDENSADOR		3 - 5	0.5
GASES Y VAPORES: P menor de 0 psig			0.1
0(P<50 Psig			0.25
50(P<150 Psig			1.3
150(P<200 "			0.5
200(P<500 "			1.5
P>500 "			3.5
LINEAS DE ENTRADA A UN CONDENSADOR		25 - 100	
ENTRADA A UNA TURBINA DE GAS		100 - 300	3
SUCCION DE UN COMPRESOR			1.5
DESCARGA DE UN COMPRESOR		100 - 300	1.5
CABEZALES DE DISTRIBUCION GRAL.			1.5
VAPOR DEL BOMO DE UN FRACCIONADOR P<10 Psig		100 - 200	1.5
P>10 Psig		100 - 200	1.5
AGUA :			
LINEAS DE BRENES	2" ó menor 3" - 10"	3 - 4 3 - 5	
ALIMENTACION A CALDENAS:	2" ó menor 3" - 8" 10 - 20" mayor de 20"	2 - 4 3 - 6 4 - 10 10 - 1	

TABLA 3.B.II (CONTINUACION)

<u>TIPO DE FLUIDO</u>	<u>Diam.Nom.</u>	<u>Vel ft/seg</u>	<u>P₁₀₀(psi)</u>
AGUA DE ENFRIAMIENTO:			
CABEZALES GRANDES		15	0.5 - 2
RAMALES Y CABEZALES CHICOS		5	
VAPOR DE AGUA:			
0 < P < 50 Psig			0.25
50 < P < 150 "			0.50
150 < P < 300 "			1.0
300 < P < 500 "			1.5
P > 500 "	líneas de más de 600 ft		0.5
	líneas de menos de 600 ft		1.0
	ramales pequeños		2.5
ENTRADA A TURBINAS		120 - 300	3
ENTRADA A MQUINAS Y BOMBAS RECIPROCANTES		15	
LÍNEAS DE VAPOR DE DESCARGA (P 1 atm)			0.5
VAPOR SATURADO:	3" o menor	90	
	4"	120	
	6"	180	
	6"	200	
VAPOR SOBRECALENTADO:	3" o menor	90	
	4"	120	
	6"	180	
	6"	200	

<u>TIPO DE FLUIDO</u>	<u>Vel ft/seg</u>	<u>Material Tuberia</u>
LIQUIDOS:		
DIETANOLAMINA O MONOETANOLAMINA	3	A
AMONIACO	6	A
BENCENO	6	A
BROMO	4	V
CLORURO DE CALCIO	4	A
TETRAFLORURO DE CARBONO	6	A
CLORO SECO	5	A
CLOROFORMO	5	C/A
DICHLORURO DE ETILENO	6	V
ETILEN GLICOL	6	EH
CLORURO DE METILO	4	A
ACEITE LUBRICANTE	4	A
PERCLORO ETILENO	4	A
PROPILLEN GLICOL	4	A
SOLUCION DE CLORURO DE COPRO	5	A
HIDROXIDO DE SODIO (5 - 15%)	4	AN
" " " (30 - 50%)	4	AN
" " " (50 - 75%)	4	AN
ESPIRENO	4	A
ACIDO SULFURICO (20 - 93%)	4	AE
" " (93 - 100%)	4	SA

<u>TIPO DE FLUIDO</u>	<u>Vel ft/seg</u>	<u>Material Tubería</u>
TRICLORURO DE ETILENO	6	A
CLORURO DE VINILO	6	A
AGUA FENOLICA	3	A
AGUA SALADA	6	A
AMINA RICA EN CO ₂	10	AI
AGUA SALADA	15	C/E
AZUFRE FUNDIDO	1	1.5 P ₁₀₀ max.
ACIDO NITRICO 60%	4	
ACIDO CLORHIDRICO	5	RH
DIBROMURO DE ETILENO	4	A
SOLUCION DE SAL CON SOLIDOS	7.5	M/N
DIOXIDO DE AZUFRE	4000 ft/min	A

GASES Y VAPORES

ACETILENO	67	A
AIRE (0 - 30 psig)	67	A
AMONIACO	100	A
BROMO	34	V
CLORO	34 - 84	A
CLOROFORMO	34	C/A
ETILENO	100	A
HIDROGENO	67	A
ACIDO CLORHIDRICO	67	RH
CLORURO DE METILO	67	A
GAS NATURAL	100	A
OXIGENO TEMP. AMB.	30	AI 304
OXIGENO TEMP. BAJA	67	
BIOXIDO DE AZUFRE	67	

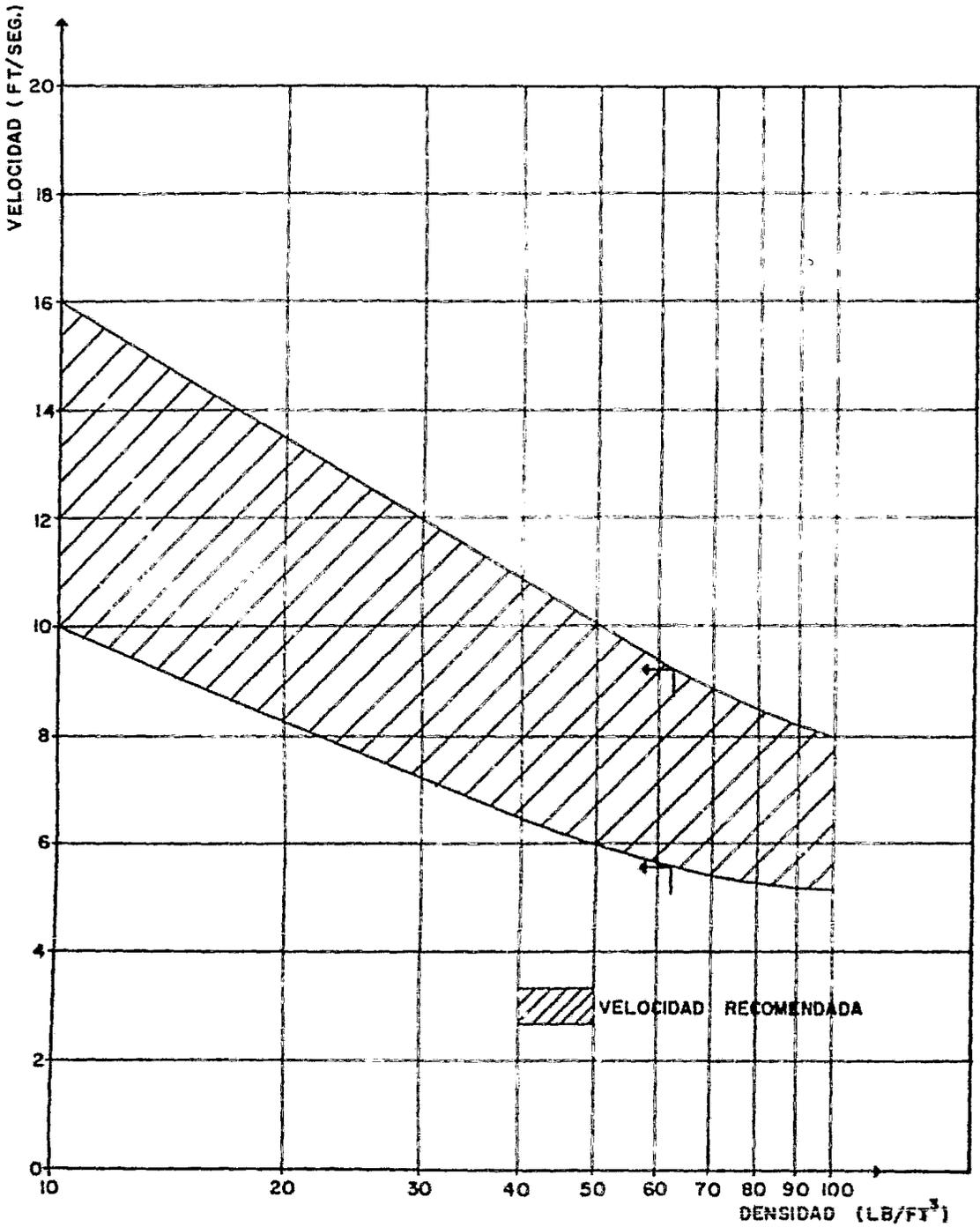
MATERIAL RECOMENDADO:

A	ACERO
V	VIDRIO
C/A	COBRE O ACERO
RH	RECUBRIMIENTO DE HULE
AN	ACERO - NIQUEL
FA	PIERRO COLADO-ACERO
C/E	RECUBRIMIENTO CON CEMENTO ó ESMALTE DE BREA DE HULLA
M/N	MONEL O NIQUEL

TABLA 3.B.III

<u>DENSIDAD DEL FLUIDO</u> (lb / ft ³)	<u>VELOCIDAD RECOMENDADA</u> (ft / seg)
100	5 - 8
50	6 - 10
10	10 - 16

FIGURA 3.B.3
=====



DENSIDAD VS. VELOCIDAD RECOMENDADA

2.2 Cuando se utiliza flujo másico.

$$A_i = \frac{w \rho}{25 v} \quad \text{Ec.3.b.11}$$

en donde:

w = Flujo másico, en lb/h

ρ = Densidad del fluido, en lb/ft³

Una vez conocida el área de flujo requerida, se determina el diámetro con la siguiente ecuación:

$$D_i = [1.27324 \cdot A_i]^{1/2} \quad \text{Ec.3.b.12}$$

III) PERDIDA DE PRESION MAXIMA PERMISIBLE

Este criterio se basa tanto en consideraciones económicas como en condiciones de operación (evitar vaporización, erosión, etc.). En la Tabla 3.B.IV. se presentan valores de caída de presión máxima permisible (ΔP_{\max}).

A partir del valor de ΔP_{\max} podemos obtener el diámetro de la línea empleando la siguiente ecuación:

$$D_i = 0.1228 \frac{[\mu^{0.16} w^{1.84}]^{0.207}}{[(\Delta P_{\max}/100)]^{0.207}} \quad \text{Ec.3.b.13}$$

en donde:

μ = Viscosidad del fluido, en cp.

$\Delta P/100$ = Caída de presión máxima permisible, en psi por cada 100 pies.

En general se puede considerar que las pérdidas de presión por fricción, no deben exceder del 50% de la carga estática.

PERDIDA DE PRESION MAXIMA PERMISIBLE

TABLA 3-B.IV

<u>FLUIDO</u>	<u>Apmax</u> (psi / 100 ft)
Líquidos Saturados:	
A la succión de la bomba	0.05 - 0.25
A la descarga de la bomba	1.0 - 4.0 *
Líquidos Subenfriados **:	
A la succión de la bomba	0.2 - 1.0
A la descarga de la bomba	1.0 - 4.0
Agua de Enfriamiento:	
A la succión de la bomba	0.2 - 1.0
A la descarga de la bomba	0.5 - 2.0

* Ya es líquido subenfriado.

** Aceites por lo menos 40°F abajo de su punto de ebullición y agua por lo menos 10°F abajo de su punto de ebullición.

El objetivo de esta tesis, es definir las características de las instalaciones que deberán llevarse a cabo entre Nuevo Teapa a Guadalajara, para poder transportar los gastos de crudo requeridos.

Características del Fluido

Es una mezcla: 55 % crudo del istmo y 45 % crudo maya, esto se hace para mejorar las características del crudo maya.

Sus propiedades son las siguientes:

Viscosidad	28 cp
Densidad Relativa	0.8977
Presión de Vapor	Nula

Transporte

Como es un fluido, es transportado a través de un oleoducto (largas extensiones de tubería y accesorios para cubrir la distancia), debido a que pierde presión por las fricciones del fluido en la tubería, este es impulsado por una serie de bombas (sistema de bombeo) colocadas a lo largo del trayecto para adicionarle la energía necesaria para llegar a su destino.

Gasto

Los gastos que sirvieron para el cálculo del diámetro económico y localización de estaciones de bombeo son: 500,000, 600,000 y 700,000 barriles por día (BPD).

Diámetros

Los diámetros nominales analizados son: 24, 26, 30, 36 y 42 pulgadas .

Bases Económicas

Para la evaluación económica se tomaron las sig. bases:

El costo total se desglosó de la siguiente manera:

Costos Fijos:

Costo de equipo e instalación
Costo de mantenimiento del equipo

Costos Variables:

Depreciación de equipo.
Costos de operación a valor presente.

Los costos de instalación de tuberías y estaciones de bombeo, así como los correspondientes a costos de operación, mantenimiento y depreciación, son costos de Enero de 1982.

Los costos de operación son con 8000 h de operación anual, y con 36% de interés anual.

Limitantes

Las dificultades para tender un oleoducto son muchas y grandes en la práctica, entre estas están los derechos de vías y la topografía del terreno, que son los que presentan mayor dificultad, debido a las distancias tan grandes por las que tiene que pasar la tubería.

Por lo que hay dos opciones para la evaluación del diámetro económico:

1.- Si ya se tiene las estaciones de bombeo, y se quiere otro oleoducto para diferente requerimiento de crudo, sólo se tiene que calcular la potencia requerida para diferentes diámetros y gastos, y a través de los costos de éstos determinar el más económico.

2.- Es también determinar los costos del oleoducto pero con la determinación de las localizaciones de las estaciones de bombeo para cada gasto y diámetro requerido.

CONSIDERACIONES PARA SIMPLIFICAR EL PROGRAMA

1) Como la tubería va a estar enterrada, permite suponer que las condiciones del fluido, si se maneja éste a temperatura

ambiente, son físicamente invariables a lo largo de la tubería. En este caso se considera que la viscosidad (28 cp) y la densidad relativa (0.8977) son las promedio para todo el trayecto.

2) Otra consideración a tomar es que la presión de descarga deberá ser mayor a la presión hidráulica en los puntos más altos del lugar en la trayectoria del fluido, y menor a la presión máxima de diseño (1000 lb/in²).

DESARROLLO DEL PROGRAMA

CAPITULO IV

PROGRAMA PRINCIPAL (DIAOPT)

El programa principal es el enlace de los subprogramas, es decir, el programa principal es el que llama a los subprogramas (subrutinas ó funciones externas) en el orden requerido tantas veces como sea necesario de acuerdo a un algoritmo establecido de cálculo.

I.- SUBROUTINA DATOS

Este subprograma nos pide todos los datos necesarios en las demás subrutinas, así como las opciones de cálculo que se quieran realizar.

I.A DATOS QUE PIDE:

- 1.- Nombre, viscosidad y densidad relativa del fluido.
- 2.- Perfil hidráulico: N° de tramos y coordenadas.
- 3.- Rugosidad y esfuerzo máximo permisible de la tubería.
- 4.- Presión de succión y carga diferencial de diseño de la bomba, consumo de vapor de la turbina.
- 5.- Número máximo de iteraciones y tolerancia para calcular el factor de fricción fanning.
- 6.- Costos de crudo, de energía eléctrica, de vapor, de HP instalados.
- 7.- Valores de interés anual, de % para mantenimiento para bombas y tubería, número de años de vida útil del equipo.

I.B OPCIONES A ESCOGER:

- 1.- Misma ó diferente presión máxima de trabajo a lo largo del ducto.
- 2.- Gasto constante ó variable a través del trayecto.
- 3.- Número y localización de estaciones de bombeo suministrarlas al programa ó que el programa las calcule.
- 4.- Diámetro constante ó variable a lo largo del ducto.
- 5.- El espesor sea suministrado al programa ó que el programa lo calcule.

Este subprograma llama a su vez a la SUBROUTINA PDATOS, la cual imprime los valores de los datos suministrados al programa.

II.- SUBROUTINA THICK

Este subprograma realiza los siguientes calculos:

a) Calcula el espesor de la tubería para cada tramo y toma el inmediato superior de los espesores comerciales para ese diámetro almacenados en el DATA TCOM.

$$TC = \frac{P_{MAX}(I1) * D(I1)}{2 * SMP}$$

Si TCOM es mayor a TC : $T(I1) = TCOM(I2,I)$

en donde:

(I1) Indica el valor de la variable en el tramo I1
TC Espesor calculado,plg.
P_{MAX} Presión máxima de trabajo,lb/plg²
D Diámetro externo de la tubería,plg.
SMP Esfuerzo máximo permisible de la tubería,lb/plg².
TCOM Espesor comercial de la tubería,plg.
(I2,I) Es un arreglo de I2 renglones con I columnas, en donde los renglones son espesores para diferentes diámetros columnas)
T Espesor de la tubería,plg.

b) Calcula el diámetro interno de la tubería

$$DINT(I1) = D(I1) - 2*T(I1)$$

en donde:

DINT Diámetro interno de la tubería,plg.

c) Calcula el peso de la tubería por tramo y el total

$$WEIGHT(I1) = (D(I1)^2 - DINT(I1)^2) * 3976.90 * RLONG(I1)$$

$$WTOT = WTOT + WEIGHT(I1)$$

en donde:

WEIGHT Peso de la tubería,toneladas.
RLONG Distancia entre tramo,kilometros.
WTOT Peso total de la tubería,kilometros.

III.- SUBROUTINA FFRIC

Este subprograma efectúa los siguientes cálculos:

a) Velocidad del fluido en la tubería

$$VEL(I1) = \frac{0.0119167 * QBPD(I1)}{DINT(I1)^2}$$

en donde:

VEL Velocidad del fluido, pies por segundo.

QBPD Gasto de fluido, barriles por día (BPD)

b) Número de Reynolds

$$RE = \frac{91.9958 * QBPD(I1) * SPGR}{DINT(I1) * VISC}$$

en donde:

RE Número de Reynolds, adimensional

SPGR Densidad relativa del fluido, adimensional

VISC Viscosidad del fluido, centipoise (cp)

c) Cálculo del factor de fricción fanning.

i.- Si el RE es menor de 2,100.0 Se tiene flujo laminar y el factor de fricción se saca por:

$$FANING(I1) = \frac{16.0}{RE}$$

en donde:

FANING Factor de fricción fanning, adimensional.

ii.- Si el RE es mayor de 2,100.0, se saca un factor de fricción con la ec. de Nikuradse para flujo turbulento en tubería de pared completamente rugosa, sustituyéndose este valor en la ecuación para sacar el reynolds rugoso, que nos da el criterio para sacar el factor de fricción fanning en flujo turbulento dependiendo de la región en que se encuentra.

$$F = \frac{1}{4. * \log \left(\frac{DINT(I1)}{24 * RUGESP} \right) + 3.48}$$

²

Ec. Nikuradse

Flujo turbulento en tub. de pared completamente rugosa.

$$REK = \frac{12. * RUGESP * RE * (F)^{\frac{1}{2}}}{DINT(I1) * (2)^{\frac{1}{2}}}$$

en donde:

F Factor de fricción, adimensional

REK Número de Reynolds rugoso

Cuando ya se sabe en que región del flujo turbulento se encuentra nuestro fluido, se sustituye el valor de F en la ecuación y se compara con el valor de FCORR, si son iguales este valor será nuestro factor de fricción, y si son diferentes se sustituye el nuevo valor hasta que sean iguales.

iii.- Regiones del flujo turbulento:

Si REK es menor ó igual a 3.0 Se tiene flujo turbulento en tubería de pared lisa.

$$FCORR = \left[\frac{1}{4 * \log (RE * (F)^{1/2}) - 0.4} \right]^2 \quad \text{Ec. de Nikuradse}$$

Si REK es mayor a 3.0 y menor ó igual a 70.0 .Se tiene flujo turbulento en tubería de pared parcialmente rugosa.

$$FCORR = \left[\frac{1}{[4 * \log (\frac{DINT(I1)}{RUGESP * 24}) + 3.48 - 4 * \log (1 + \frac{9.35 * DINT(I1)}{2 * RUGESP * RE * (F)^{1/2}})]} \right]^2$$

Ec. de Colebrook

Si REK es mayor a 70.0 .Se tiene flujo turbulento en tubería de pared completamente rugosa.

$$FANING(I1) = \left[\frac{1}{[4. * \log (\frac{DINT(I1)}{24 * RUGESP}) + 3.48]} \right]^2 \quad \text{Ec. de Nikuradse}$$

en donde:

FCORR . Factor de fricción iterativo

IV.- SUBROUTINA DELTAP

Este subprograma calcula las pérdidas de presión por fricción por tramo.

$$PDROP(I1) = 0.150351 * \frac{FANING(I1) * SPGR * QBPD(I1)^2}{DINT(I1)^5}$$

$$PDROPH(I1) = PDROP(I1) * \frac{0.7041}{SPGR}$$

en donde:

PDROP Pérdidas de presión por fricción, psig por kilometro.

PDROPH Pérdidas de presión por fricción, metros por kilometros (unidades de carga por kilometro³).

V.- SUBROUTINA ESTPRG

Este subprograma determina el número y localización de las estaciones de bombeo, con la ayuda de las dos subrutinas llamas por ella:

1) FUNCION PBAR

Este subprograma (función externa) calcula la presión barométrica del lugar con el dato de la altitud del mismo, en unidades de carga (metros de líquido) con la densidad relativa del fluido.

$$PBAR = \frac{10.3397249 * e^{(-1.21065 * 10^{-4} * H)}}{SPGR}$$

en donde:

PBAR Presión barométrica del lugar, metros de líquido.

H Altitud del lugar, metros.

2) SUBROUTINA HIPOTE

Este subprograma encuentra la ordenada y pendiente de cada tramo del perfil hidráulico, sumándole a este en cada ordenada la presión barométrica y la presión de succión en unidades de carga (metros de líquido).

Perfil Hidráulico.-Es el gradiente de carga que el fluido tiene sobre el terreno, y gráficamente es observable por la diferencia de alturas entre la curva de pérdida de presión contra longitud referidas al perfil topográfico.

La subrutina estprg analiza al final de cada tramo la diferencia de los dos puntos dadas por las rectas: a) la recta dada por la subrutina hipote y la recta calculada en este subprograma que es la recta dada por la carga total de la bomba y la caída de presión por fricción a través del tramo analizado, esta diferencia puede tener cualquiera de los tres siguientes valores:

A) Si la diferencia es cero.-Se tiene una estación de bombeo al final del tramo analizado, se guarda el número y la localización de la misma en la memoria del programa, y a este punto se

le vuelve a sumar la carga total.

b) Si la diferencia es negativa, con las pendientes y ordenadas de las dos rectas, se obtiene el punto de intersección de ambas rectas, que será el punto en donde se localice una estación de bombeo, se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$XINT = \frac{ORD(I1) - ORDT}{PENDT - PEND(I1)}$$

$$YINT = ORD(I1) + \text{pend}(I1) * XINT$$

en donde:

XINT Punto de intersección, km

YINT Punto de intersección, m

ORD(I1) Ordenada de la recta dada por el perfil, m

PEND(I1) Pendiente de la recta dada por el perfil, km

ORDT Ordenada de la recta dada por la carga total, m

PENDT Pendiente = caída de presión por fricción, m/km

c) Si la diferencia es positiva, se deja el valor de la carga en ese punto y se pasa al final del siguiente tramo, en el cual se vuelve a analizar la diferencia de los valores dados por las dos rectas en ese punto del tramo considerado.

VI SUBROUTINA HP

Este programa calcula la potencia consumida por estación y la total.

a) Primero llama a la SUBROUTINA EFFICT, que calcula la eficiencia de la bomba por medio de la siguiente ecuación:

$$EFICB(I) = \frac{0.6 HT^{0.03} * QGPM^{0.41}}{(HT + QGPM)^{0.4}}$$

en donde:

EFICB(I) Eficiencia de la(s) bomba(s) por estación

HT Carga total de la(s) bomba(s), ft de líquido

QGPM Gasto del fluido, galones por minuto = GPM

b) Después calcula la potencia al freno en BHP y en KWH por tramo y la total.

$$POT(I1) = 7.36616 * 10^{-6} * \frac{DPB * QBPN(I1)}{EFICB(I1)}$$

$$KWH(I1) = POT(I1) * 0.745702$$

$$POTTOT = POTTOT + POT(I1)$$

$$KWHTOT = KWHTOT + KWH(I1)$$

en donde:

POT(I1)	Potencia al freno por tramo, BHP
KWH(I1)	Potencia al freno por tramo, KWH
POTTOT	Potencia al freno total, BHP
KWHTOT	Potencia al freno total, KWH
DPB	Carga diferencial de la bomba, ft de líquido
QBPN(I1)	Gasto por estación, BFD

VII) SUBROUTINA BHPEST

Este subprograma calcula la potencia requerida por estación y la total, cuando se suministra el número y localización de las estaciones de bombeo.

El subprograma efectúa un bernoulli entre tramo incluyendo pérdidas de presión por fricción.

Llama también a la SUBROUTINA EFFICT para que calcule la eficiencia con los siguientes datos:

1.- Carga total.- En este caso la carga total es el 80% de la presión máxima de trabajo menos la presión de succión, en unidades de carga (metros de líquido).

2.- Gasto

El subprograma BHPEST hace los siguientes cálculos:

$$PERDT = [2 * QROPN(J) * RLONG(J) + (PERFIL(2, J1) - PERFIL(2, J))] +$$

$$0.004732919 * (VEL(J1)^2 - VEL(J)^2) * QBPD(J) * SPGR * 2.41 * 10^{-5}$$

$$TOT = TOT + \frac{PERDT}{EFICB(J)}$$

$$POT(I) = TOT$$

$$KWH(I) = POT(I) * 0.745702$$

$$POTOT = POTTOT + POT(I)$$

$$KWHTOT = KWHTOT + KWH(I)$$

en donde:

PERDT HP por tramo
PDROPH(J) Caída de presión por fricción por tramo, m/km
RLONG(J) Distancia por tramo, km
PERFIL(2,J1) Altura final del tramo, m
PERFIL(2,J) Altura inicial del tramo, m
VEL(J1) Velocidad del fluido al final del tramo, ft/seg
VEL(J) Velocidad del fluido al inicio del tramo, ft/seg
QBPD(J) Gasto del fluido por tramo, bpd
TOT Potencia al freno por tramo, BHP

Para calcular la potencia requerida por estación, se suma todos los valores de potencia por tramo de los tramos incluidos entre estación.

VIII) SUBROUTINA EVALUA

Este subprograma calcula los costos de operación, de tubería, de sistema de bombeo, de inventario, de mantenimiento y de depreciación del equipo, y el total.

$$BAR(I1) = 3.187114 * DINT(I1)^2 * RLONG(I1)$$

$$BARTOT = BARTOT + BAR(I1)$$

$$CINVT = (ZINV * BARTOT) * 10^{-6}$$

$$CBOMB = POTTOT * ZBOMB * 10^{-6}$$

$$CTUB(I2) = 1.4 * 10^{-3} * RLONG(I2) * ZTUB(I2)$$

$$CTTUB = CTTUB + CTUB(I2)$$

$$CMANTT = PT * CTTUB$$

$$CMANTB = PB * CBOMB$$

$$FVP = \frac{(1 + ZINT)^{NAB} - 1}{ZINT * (1 + ZINT)^{NAB}}$$

$$CVAPOR = POTTOT * CONSV * ZVAP * 8,000.$$

$$CENELE = KWHTOT * ZKWH * 8,000.$$

$$COP = (CVAPOR + CENELE) * FVP * 10^{-6}$$

$$DBOMB = \frac{0.25 * CBOMB}{NAB}$$

$$DTUB = \frac{0.25 * CTTUB}{NANO}$$

$$COSTOT = CINVET + CBOMB + CTTTUB + CMANTT + CMANB + COP + DTUB \\ + DBOMB$$

en donde:

BAR(II)	Volumen de fluido en la tubería por tramo, barril
BARTOT	Volumen total del fluido en el trayecto, barril
CINVET	Costo por inventario, M.M.\$. (MILLONES DE PESOS)
CBOMB	Costo del sistema de bombeo, M.M.\$.
CTTUB	Costo de la tubería total, M.M.\$.
CMANTT	Costo de mantenimiento de la tubería, M.M.\$.
CMANB	Costo de mantenimiento del sist. de bombeo, M.M.\$.
FVP	Factor de valor presente
CVAPOR	Costo por vapor, M.M.\$.
CENELE	Costo por energía eléctrica, M.M.\$.
COP	Costos por operación, M.M.\$.
DBOMB	Depreciación bombas, M.M.\$.
DTUB	Depreciación de tubería, M.M.\$.
COSTOT	Costo total del oleoducto, M.M.\$.

IX) SUBROUTINA PRINTT

Este subprograma imprime los siguientes resultados:

- a) Las condiciones de operación.
- b) Datos de diseño de la(s) bomba(s)
- c) N° y localización de las estaciones de bombeo, así como eficiencia, BHP y KWH por estación.
- d) Desglose del costo total del oleoducto

INDICE DE DIAGRAMAS DE FLUJO

<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
4.B.1	SIMBOLOGIA
4.B.2	PROGRAMA DIAOPT
4.B.3	SUBROUTINA DATOS
4.B.3 (a)	SUBROUTINA PDATOS
4.B.4	SUBROUTINA THICK
4.B.5	SUBROUTINA FFRIC
4.B.6	SUBROUTINA DELTAP
4.B.7	SUBROUTINA ESTPRG
4.B.7 (a)	FUNCION PBAR
4.B.7 (b)	SUBROUTINA HIPOTE
4.B.8	SUBROUTINA HP
4.B.8 (a)	SUBROUTINA EFFICT
4.B.9	SUBROUTINA BHPEST
4.B.10	SUBROUTINA EVALUA
4.B.11	SUBROUTINA PRINTT

DIAGRAMAS DE FLUJO

SIMBOLOGIA

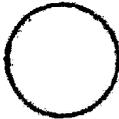
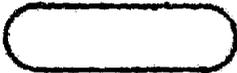
<u>CONCEPTO</u>	<u>SIMBOLO</u>
INICIO Y TERMINACION	
IF	
SUBROUTINA DECLARACIONES Y CALCULOS	
LECTURA	
IMPRESION	
ANILLO DO	
PARA CERRAR EL DO Y TRANSFERENCIA DE ETIQUETAS	
RETURN	

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

4.B.2

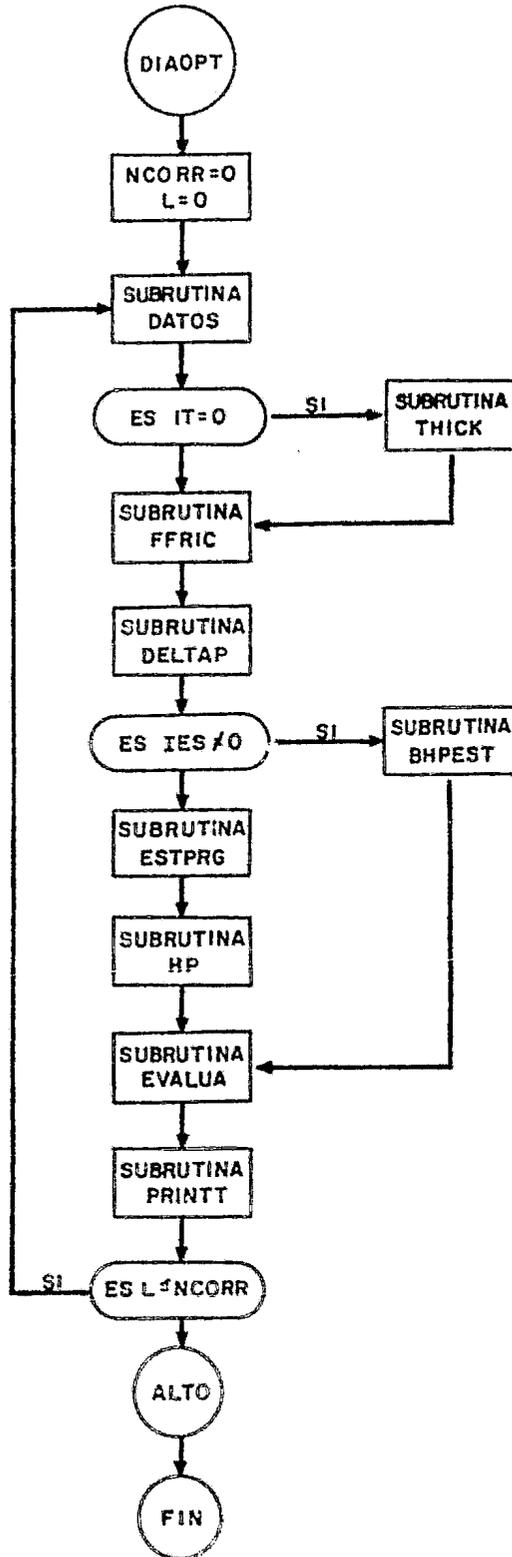


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA P DATOS

4.B.3 (a)

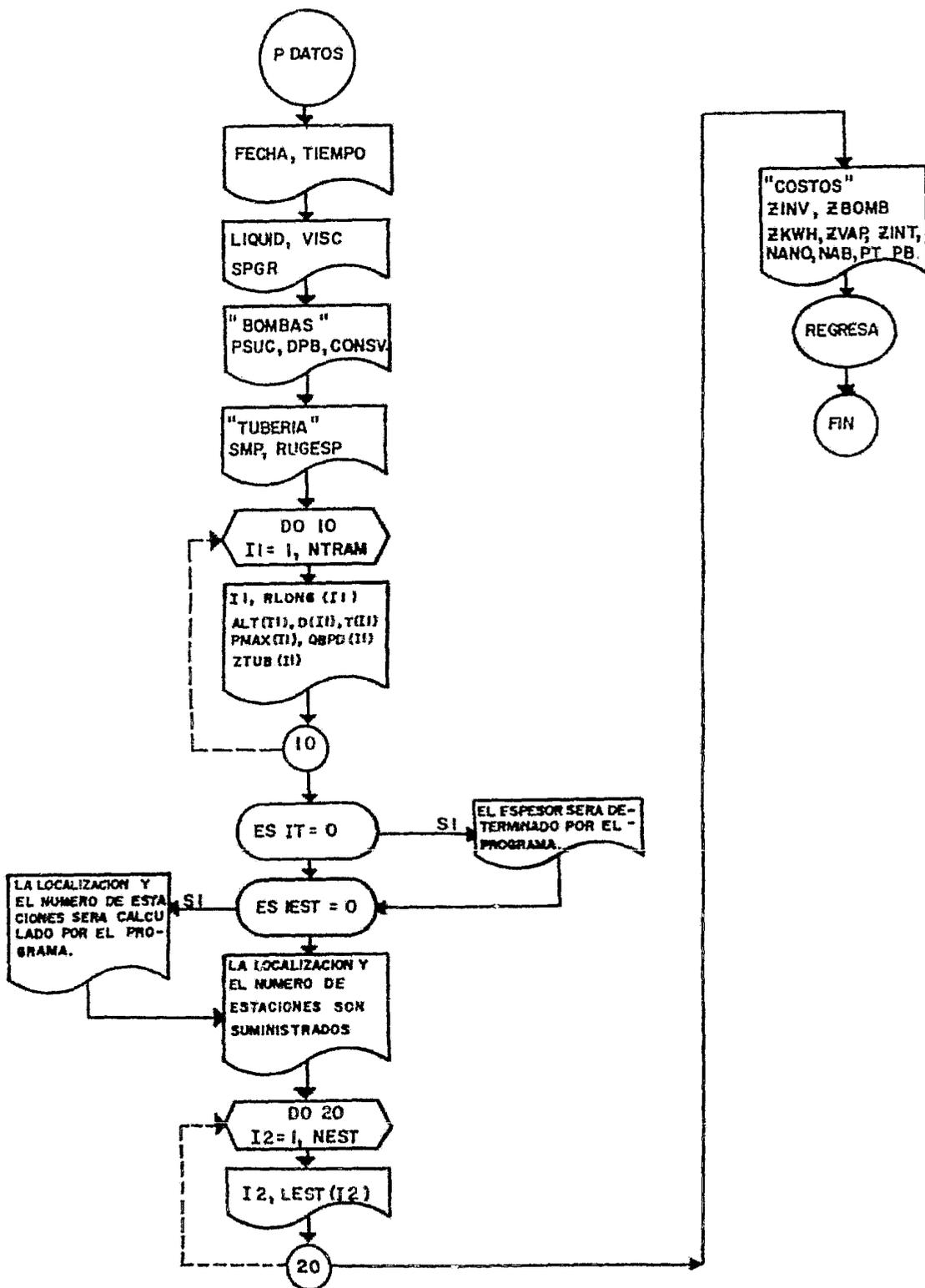
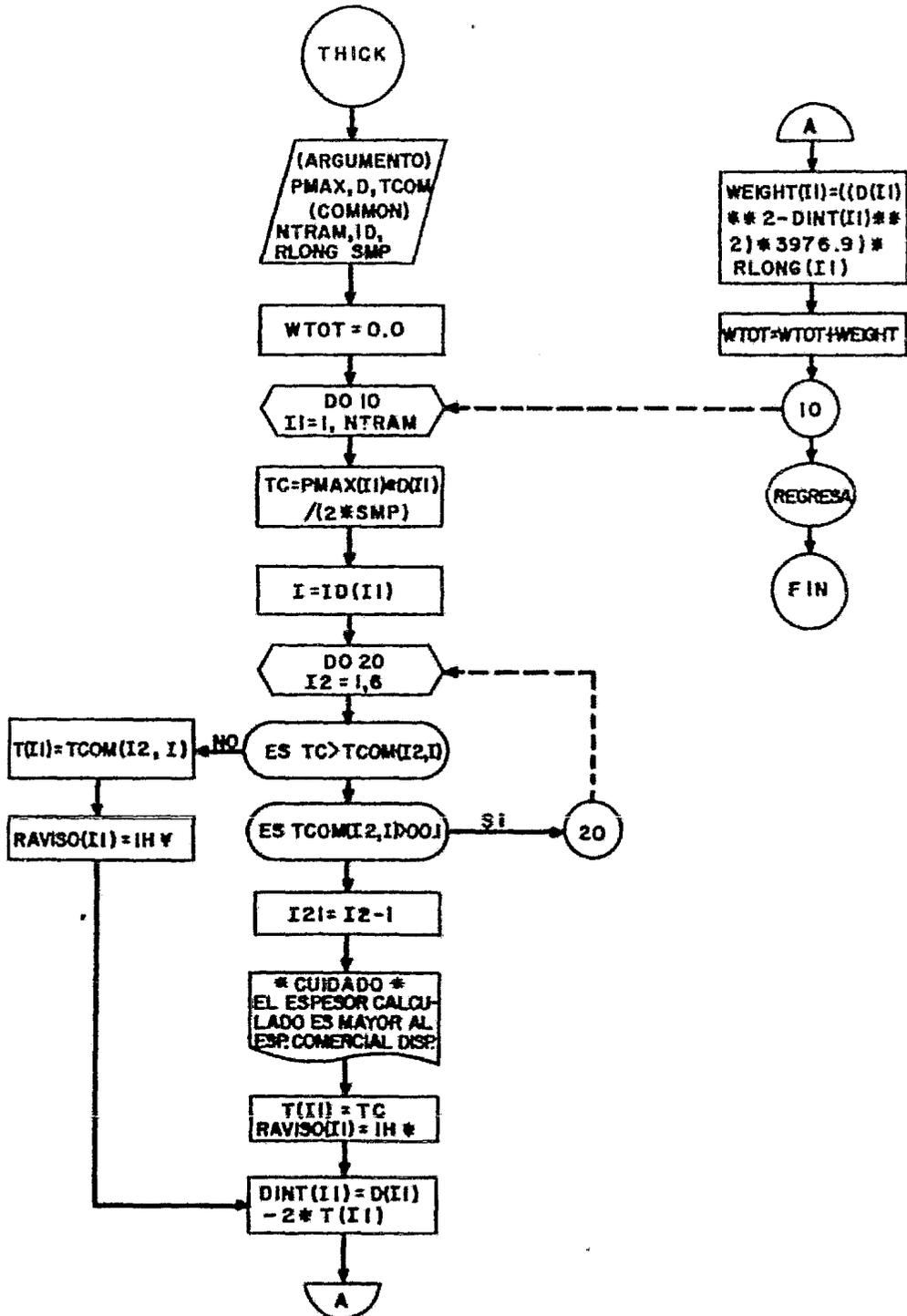
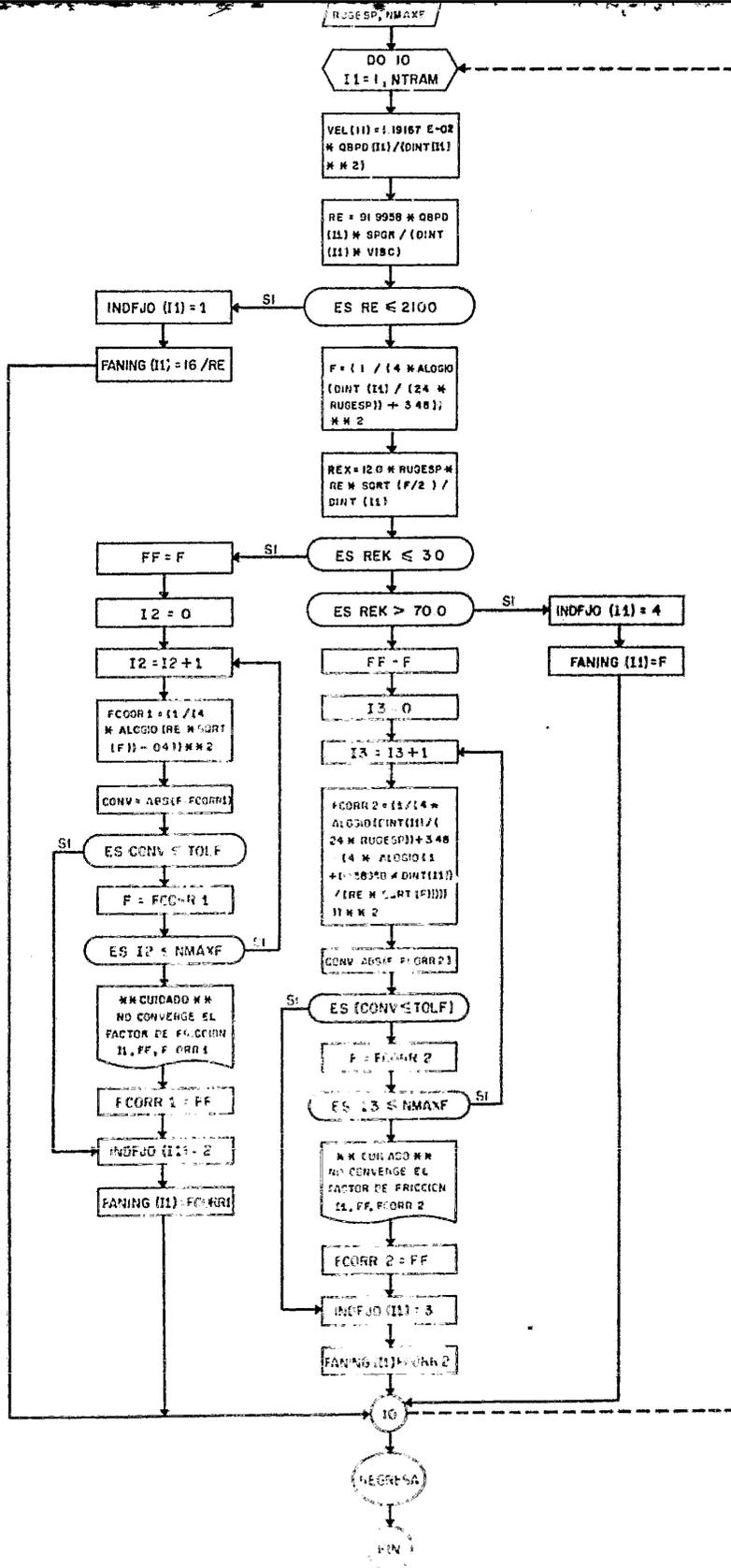


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA THICK

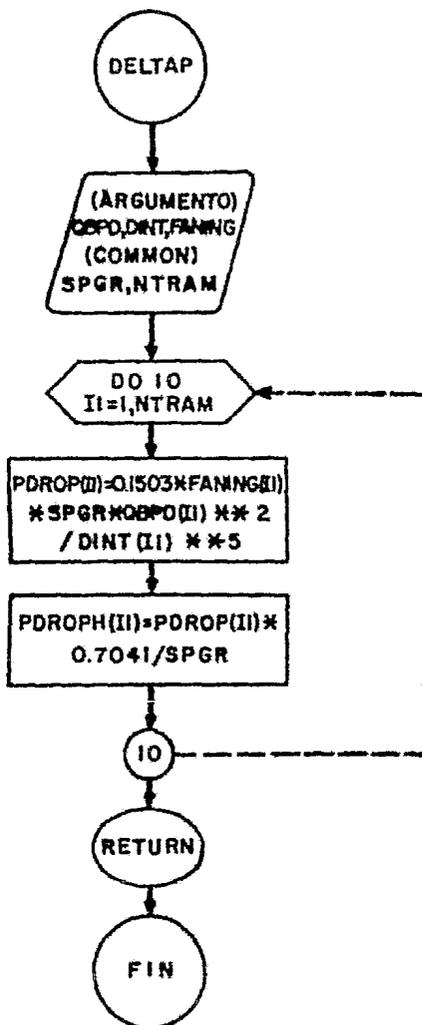




4.B.6

=====

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA DELTAP



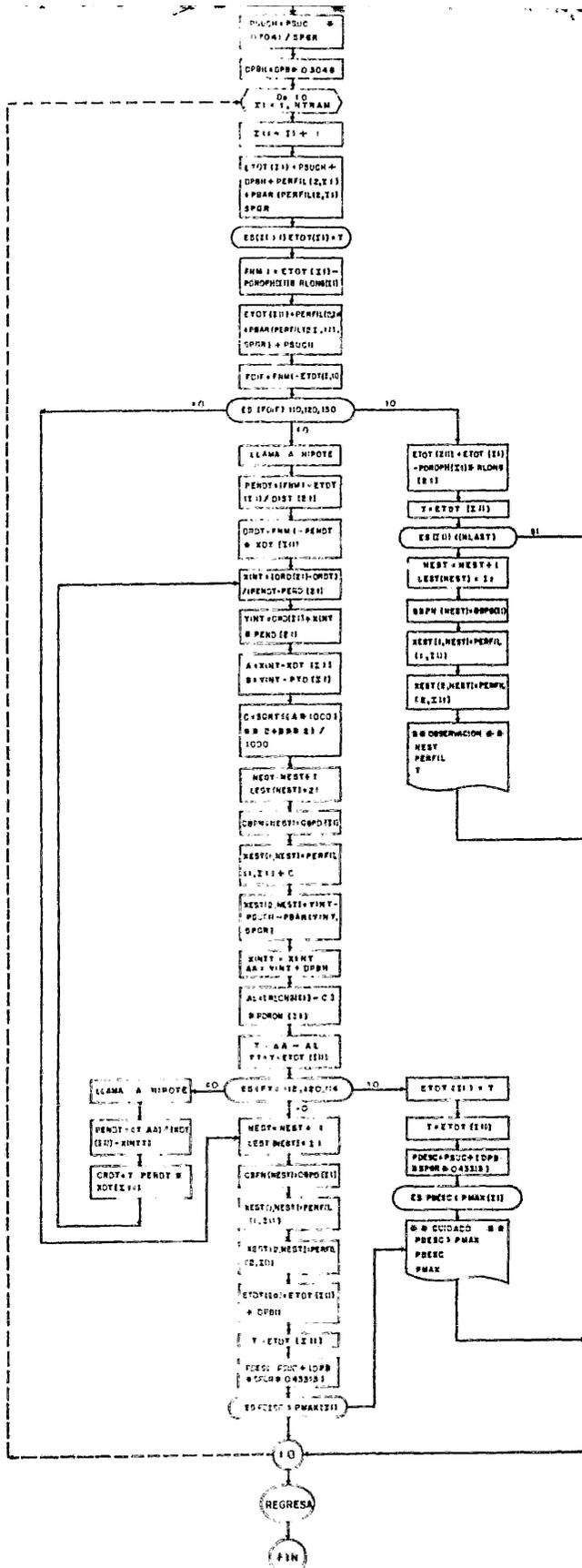


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FUNCION PBAR
4.B.7.(a)

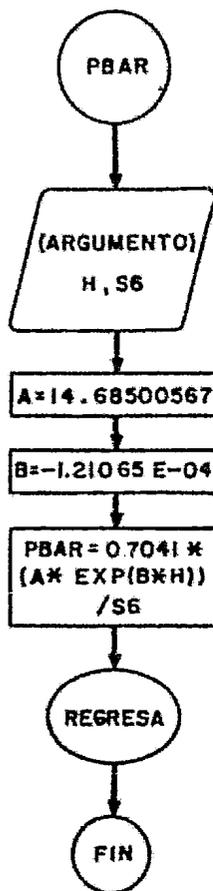


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA HIPOTE

4.B.7 (b)

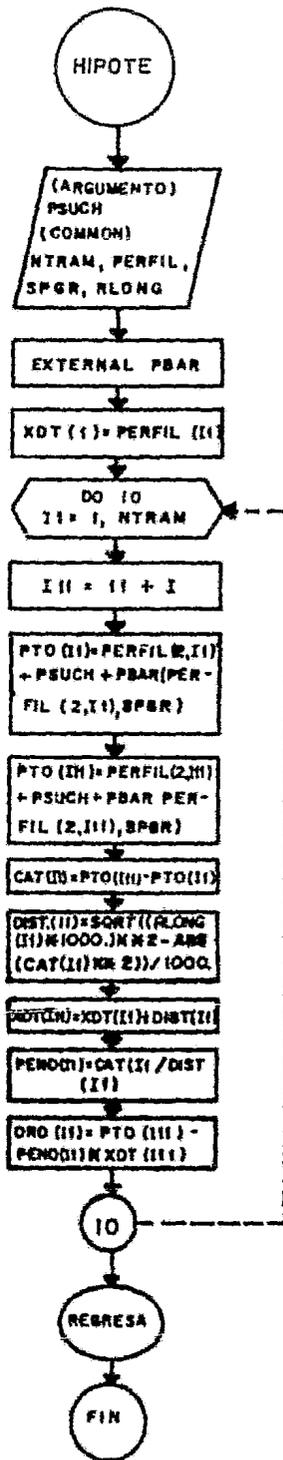


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA HP

4.B.8

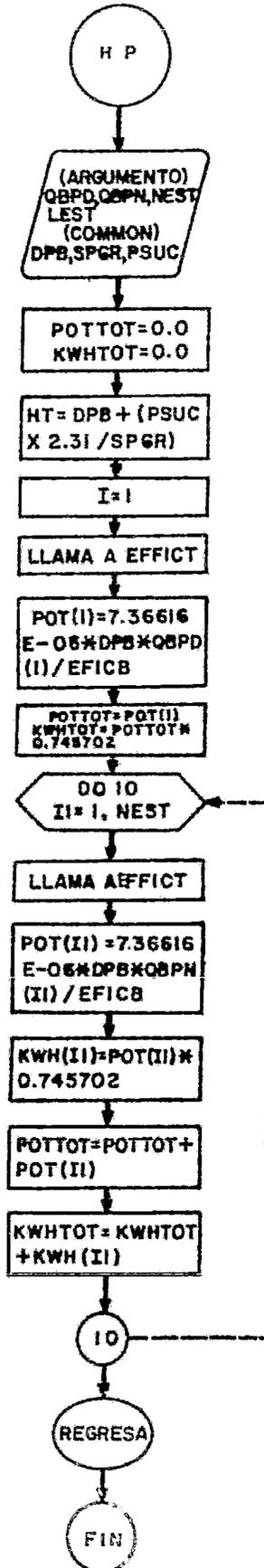


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA EFFICT

4.B.8 (a)

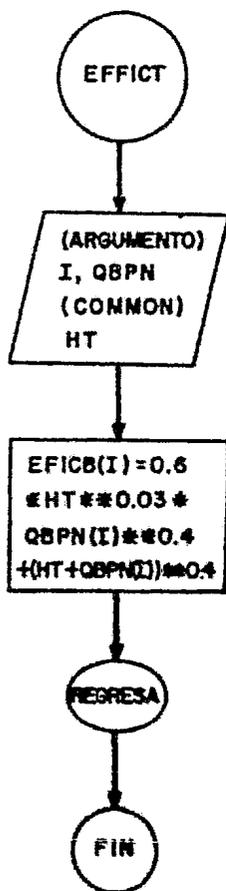
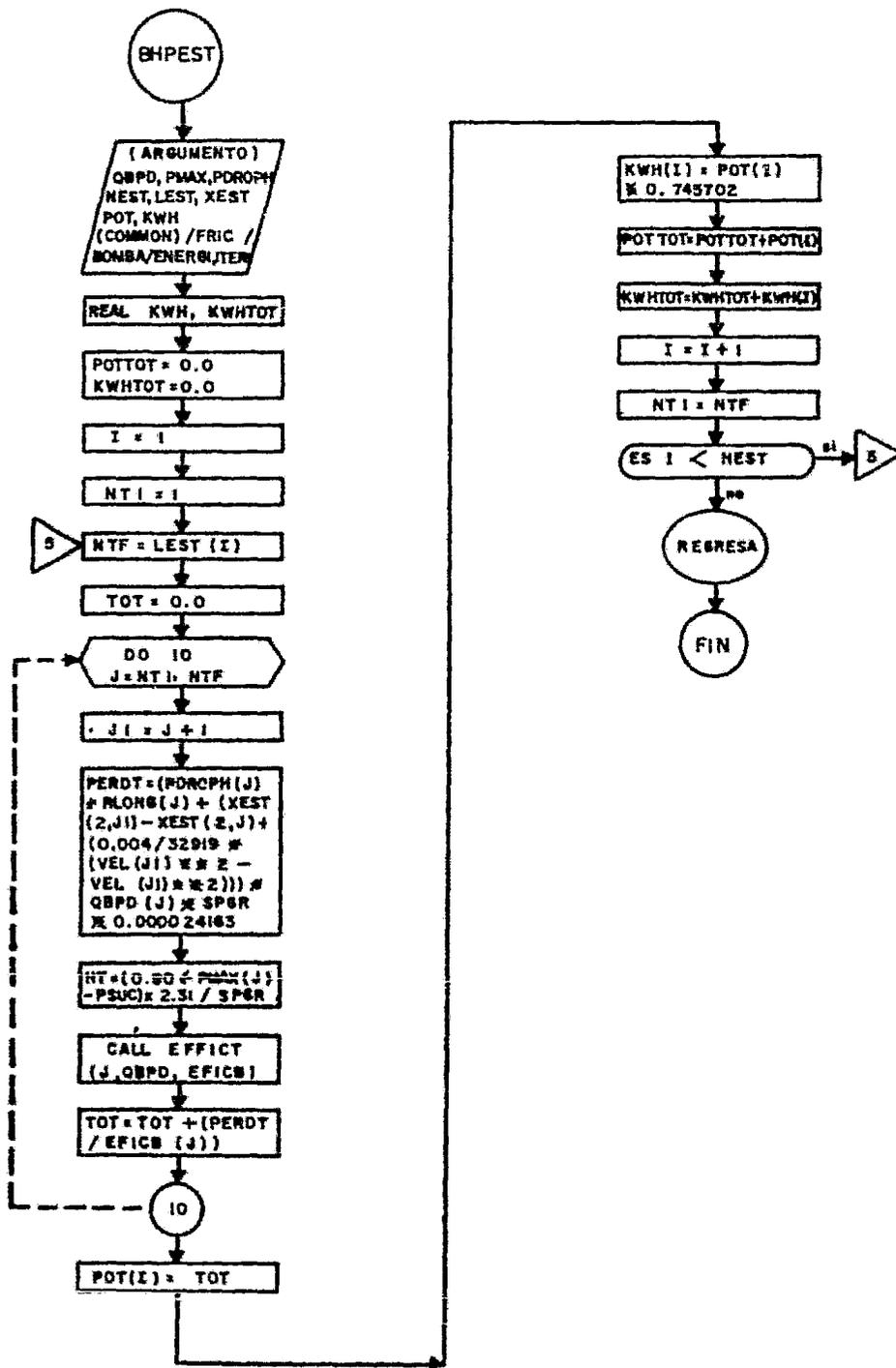


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA BHPST

4. B. 9



4.B.10

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA EVALUA

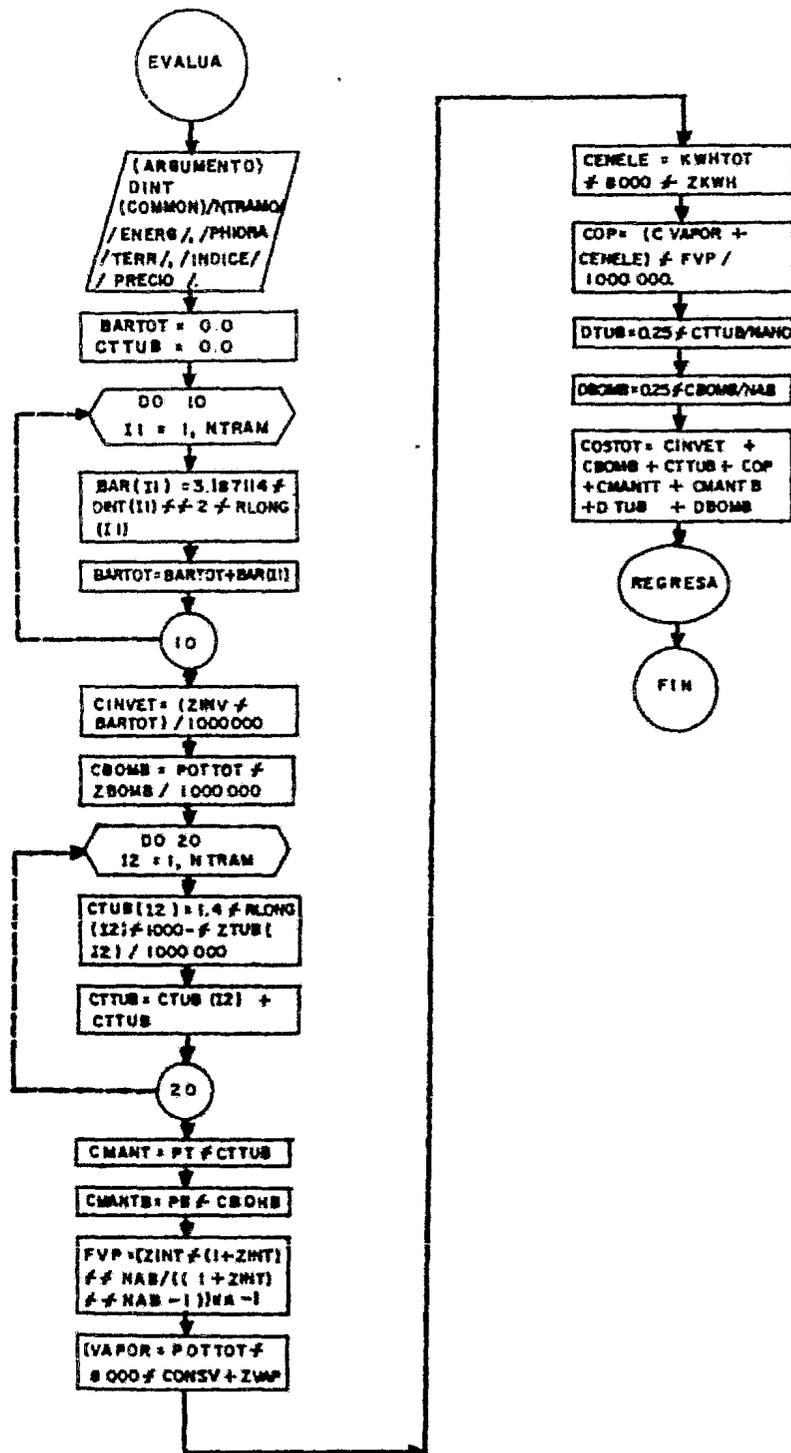
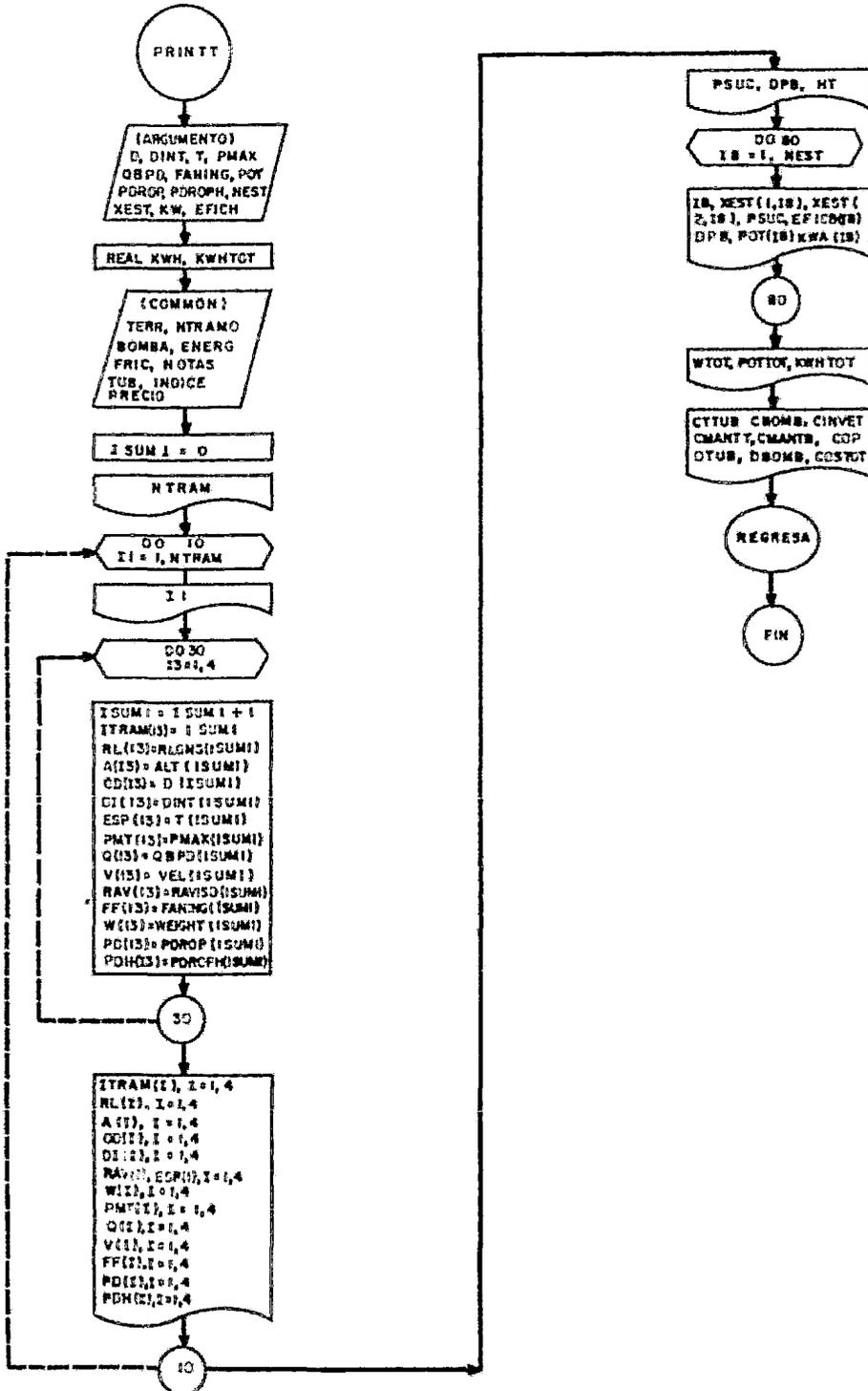


DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SUBROUTINA PRINTT

4.B.11



INDICE DE CODIFICACION

<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
4.C.1	PROGRAMA DIAOPT
4.C.2	SUBROUTINA DATOS
4.C.3	SUBROUTINA PDATOS
4.C.4	SUBROUTINA THICK
4.C.5	SUBROUTINA FFRIC
4.C.6 (a)	SUBROUTINA DELTAP
4.C.6 (b)	SUBROUTINA EFFICT
4.C.6 (c)	FUNCION PBAR
4.C.7	SUBROUTINA ESTPRG
4.C.8	SUBROUTINA HIPOTE
4.C.9	SUBROUTINA HP
4.C.10	SUBROUTINA BHPEST
4.C.11	SUBROUTINA EVALUA
4.C.12	SUBROUTINA PRINTT

- 211 -
PROGRAMA DIAOPT

4.C.1

```
100= PROGRAM DIAOPT (INPUT,OUTPUT)
110= DIMENSION D(60),TCOR(6,14),PHAX(60),LEST(60)
120= I,QSP(60),DINT(60),FANING(60),PARSP(60),PBRSP(60)
130= I,T(60),XEST(2,30),ETOT(60),QSPN(60)
140= I,DIACOR(I),KWH(20),POT(20),ITF(60),EFICD(60)
175= REAL KWH,KWNTOT
180= EXTERNAL PBAR
190= COMMON /NTRAND/NTRAN,IB(60)
200= COMMON /PROP/LIQIB(20),VISC,SPOR
210= COMMON /FRIC/VEL(60),INDFJ0(60)
220= COMMON /TOLS/TOLF,MMAXF
230= COMMON /ENERG/POTTOT,KWNTOT
240= COMMON /TERR/ELBHS(60),ALT(60)
250= COMMON /BONDA/PSUC,BPB,COSV,DPBH,NT
260= COMMON /NOTAS/RAVISO(60)
270= COMMON /FLASS/IT,XEST
280= COMMON /TUB/SMP,RUGESP,WEIGHT(60),WTOT
290= COMMON /PHIDRA/PERFIL(2,60)
300= COMMON /CORRIB/NCORR,L
310= DATA (DIACOR(I),I=1,14)/8.75,10.75,12.75,14.,16.,18.,20.,22.,24.
320= I,26.0,30.,36.,42.,48./
330= DATA ((TCOR(I2,I),I2=1,6),I=1,14)/0.188,0.219,0.25,0.0,0.0,0.0
340= I,0.188,0.219,0.25,0.275,0.307,0.344,0.219,0.25,0.281,0.312,0.33
350= I,0.344,0.219,0.25,0.281,0.312,0.344,0.375,0.219,0.25,0.281,0.312
360= I,0.344,0.375,0.25,0.281,0.312,0.344,0.375,0.406,0.25,0.281,0.312
370= I,0.344,0.375,0.406,0.25,0.312,0.344,0.375,0.406,0.5,0.25,0.312
380= I,0.344,0.375,0.406,0.5,0.281,0.312,0.344,0.375,0.406,0.5,0.281
390= I,0.312,0.344,0.375,0.406,0.5,0.312,0.344,0.375,0.406,0.5,0.542
400= I,0.344,0.406,0.5,0.425,0.0,0.0,0.375,0.5,0.425,0.75,0.0,0.0/
410= NCORR=0 & L=0
420=70 CALL DATOS (DIACOR,B,PHAX,T,QSP,NEST,LEST)
430= IF (IT .EQ. 0) CALL THICK (PHAX,B,TCOR,T,DINT)
440= CALL FRIC (QSP,DINT,FANING)
450= CALL DELTAP (QSP,DINT,FANING,PARSP,PBRSP)
460= IF (IEST .NE. 0) GO TO 110
465= CALL ESTPRE (QSP,PARSP,PHAX,QSPN,ETOT,NEST,LEST,XEST)
470= CALL HP (QSP,QSPN,NEST,LEST,POT,KWH,EFICD)
475= GO TO 120
480=110 CALL MPST (QSP,PHAX,PBRSP,NEST,LEST,XEST,POT,KWH,EFICD)
500=120 CALL EVALUA (DINT)
510= CALL PRINTT (B,DINT,T,PHAX,QSP,FANING,PARSP
520= I,PBRSP,NEST,XEST,POT,KWH,EFICD)
530= IF (L .LT. NCORR) GO TO 70
540= STOP
550= END
```

- 212 -
SUBROUTINA DATOS

A.C.2

```

560= SUBROUTINE DATOS (DIACOM,D,PNAX,I,ABPD,NEST,LEST)
570= DIMENSION D(40),DIACOM(14),PNAX(40),ABPD(40),LEST(60),T(60)
580= COMMON /BONBA/PSUC,BPB,CONGU,BPBH,HT
590= COMMON /PROP/LIQUID(20),VISC,SPGR
600= COMMON /NTRAO/NTRAH,ID(60)
610= COMMON /FLAS/IT,TEST
620= COMMON /TUB/SMP,RUGESF,WEIGHT(40),BTOT
630= COMMON /PHIBRA/PERFIL(2,60)
640= COMMON /CORRID/MCORR,L
650= COMMON /INDICE/ZINU,ZBHD,ZKHH,ZVAP,MANO,NAB,ZINT,PT,PE,ZTUB(60)
660= COMMON /TOLS/TOLF,MHAXF
665= IF (MCORR.EQ. 0) GO TO 1402
670= L=L+1
680= PRINT 418
690=418 FORMAT (10(/),10X,"SE EL NUMERO DE LA MODIFICACION DESEADA"
700= 1,/,20X,"FIJAR LAS ESTACIONES",T75,"1"
710= 1,/,20X,"NUEVAMENTE CALCULE LAS ESTACIONES",T75,"2"
720= 1,/,20X,"CAMBIANDO EL BASTO",T75,"3"
730= 1,/,20X,"CAMBIANDO EL DIAMETRO",T75,"4"
740= 1,/,20X,"SE DARAN LOS ESPESORES",T75,"5"
750= 1,/,20X,"EL PROGRAMA CALCULARA EL ESPESOR",T75,"6"
752= 1,/,20X,"YA TERMINO",T75,"7"
753= 1,/,75X,"=")
760= READ *,N
770= GO TO (200,26,2200,2300,140,36,157),N
790=1002 PRINT *, "ESCRIBA UN NUMERO PARA EMPEZAR"
800= READ *,A
810= PRINT 1040
820=1000 FORMAT (//,10X,"SE EL NUMERO DE CORRIDAS DESEADAS",T96,"=")
830= READ *,MCORR
840= PRINT 1001
850=1001 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO",//
860= 1,20X,"NOMBRE DEL FLUIDO",T90,"=")
870= READ 213,LIQUID
880=213 FORMAT (20A1)
890= PRINT 1004,LIQUID
900=1004 FORMAT (20X,"PROPORCIONE LA VISCOSIDAD PARA ",Z0AT,"
910= 12X,"EN CP",T90,"=")
920= READ *,VISC
930= PRINT 1005,LIQUID
940=1005 FORMAT (20X,"PROPORCIONE LA DENSIDAD RELATIVA PARA "
950= 1,20A1,T90,"=")
960= READ *,SPGR
970= PRINT 1006
980=1006 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LOS DATOS DEL PERFIL")
990= PRINT 33
1000=33 FORMAT (10X,"DE EL NUMERO DE TRAMOS",10X,"=")
1010= READ *,NTRAH
1020= KLAST=NTRAH + 1
1030= DO 10 I=1,KLAST
1040= PRINT 1007,I
1050=1007 FORMAT (20X,"PUNTO",2X,I3,2X,"LONGITUD,KM",9X,"=")
1060= READ *,PERFIL(1,I)
1070= PRINT 1008,I
1080=1008 FORMAT (20X,"PUNTO",2X,I3,2X,"ALTURA,METROS",7X,"=")
1090= READ *,PERFIL (2,I)

```

4.C.2 (CONT.)

1100=10 CONTINUE
1110= PRINT 1015
1120=1015 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS DE LA T
1130= UBERIA",/,20X,"RUGOSIDAD,EN FT",T90,"=")
1140= READ *,RUGESP
1150= PRINT 1016
1160=1016 FORMAT (20X,"PROPORCIONE EL ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE,EN PSIG"
1170= 1,T90,"=")
1180= READ *,SNP
1190= PRINT 1030
1200=1030 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS DE LAS
1210= BOMBAS:",/,20X,"PRESION DE SUCCION,EN PSIG",T90,"=")
1220= READ *,PSUC
1230= PRINT 1039
1240=1039 FORMAT (20X,
1250= 1"PROPORCIONE LA CARGA DIFERENCIAL DE DISEÑO DE LA BOMBA,EN PIES"
1260= 1,T90,"=")
1270= READ *,SPB
1280= PRINT 99
1290=99 FORMAT (20X,"DE EL CONSUMO DE VAPOR,EN KG/HP H",T90,"=")
1300= READ *,CONSV
1310= PRINT 1043
1320=1043 FORMAT (//,10X,"TOLERANCIAS Y NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES",/
1330= 120X,"DE EL NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES P/CALCULAR EL FACTOR DE
1340= 1FRICCION",T90,"=")
1350= READ *,NHAXF
1360= PRINT 1044
1370=1044 FORMAT (20X,"DE LA TOLERANCIA P/CALCULAR EL FACTOR DE FRICCION",T
1380= 190,"=")
1390= READ *,TOLF
1400= PRINT 300
1410=300 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LOS SIGUIENTES COSTOS",
1420= 1/,20X,"DE EL COSTO DE CRUDO,EN PESOS POR BARRIL",T90,"=")
1430= READ *,ZINV
1440= PRINT 301
1450=301 FORMAT (20X,"DE EL COSTO DE BOMBEO,EN PESOS POR HP INST.",T90,"=")
1460= READ *,ZBOND
1470= PRINT 302
1480=302 FORMAT (20X,"DE EL COSTO DE ENERGIA ELECTRICA,EN PESOS POR KWH",T9
1490= 10,"=")
1500= READ *,ZKUN
1510= PRINT 303
1520=303 FORMAT (20X,"DE EL COSTO DE VAPOR,EN PESOS POR KILO",T90,"=")
1530= READ *,ZVAP
1540= PRINT 304
1550=304 FORMAT (20X,"DE EL NUMERO DE AÑOS DE VIDA DE LA TUBERIA",T90,"=")
1560= READ *,NANS
1570= PRINT 308
1580=308 FORMAT (20X,"DE EL NUMERO DE AÑOS DE VIDA UTIL DE LA BOMBA",T90,"=
1590= 1")
1600= READ *,NAB
1610= PRINT 305
1620=305 FORMAT (20X,"DE EL INTERES ANUAL",T90,"=")
1630= READ *,ZINT
1640= PRINT 306
1650=306 FORMAT (20X,"PORCENTAJE DEL COSTO DE TUBERIA P/MANTENIMIENTO",T90,
1660= 1"=")
1670= READ *,PT

4.C.2 (CONT.)

```
1680= PRINT 307
1690=387 FORMAT (20X,"PORCENTAJE DEL COSTO DE BOMBAS P/MANTENIMIENTO",T90,"
1700= (*")
1710= READ *,P3
1720= PRINT 1022
1730=1022 FORMAT (//,10X
1740= 1,"PRESION MAXIMA DE TRABAJO A LO LARGO DEL DUCTO",/,20X
1750= 1,"MISMA PRESION DE TRABAJO=0",/,20X,
1760= 1"DIFERENTES PRESIONES DE TRABAJO=1",/,10X,"OPCION= ",2X)
1770= READ *,OPCION
1780= IF (OPCION .EQ. 1.) GO TO 160
1790= PRINT 1023
1800=1023 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LA PRESION MAXIMA DE TRABAJO",1X
1810= 1,"DE LA TUBERIA,EN PSIG",10X,"=")
1820= READ *,PNT
1830= DO 60 I6=1,NTRAM
1840=60 PMAX(I6)=PNT
1850= GO TO 2100
1860=160 PRINT 1024
1870=1324 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LOS VALORES DE PRESION MAXIMA DE TRABAJO
1880= 1"0 DESEADOS",/)
1890=161 PRINT 1025
1900=1025 FORMAT (10X,"INDIQUE DE QUE TRAMO A QUE TRAMO DESEA UNA MISMA PRESION
1910= 1"MAX DE TRABAJO",T90,"=")
1920=163 READ *,N1,N2
1930= IF (N2 .GT. NTRAM) GO TO 162
1940= PRINT 1026,N1,N2
1950=1026 FORMAT (10X,"PROPORCIONE LA P. MAX DESEADA ENTRE EL TRAMO
1960= 1 ",I3,2X," Y EL TRAMO ",I3,2X,"EN PSIG",T90,"=")
1970= READ *,PNT
1980= DO 70 I7=N1,N2
1990=70 PMAX(I7)=PNT
2000= IF (N2 .LT. NTRAM) GO TO 161
2010= GO TO 2100
2020=162 PRINT 1027,NTRAM,N2
2030=1027 FORMAT (//,10X,"** CUIDADO ** EL NUMERO DE TRANOS EXCEDE AL PROPOR
2040= 1"CIONADO INICIALMENTE",/,30X,"NUMERO DE TRANOS INICIALES",T65,I3,/,
2050= 130X,"DATO ALIMENTADO",19X,I3,/,10X,"PROPORCIONE NUEVAMENTE LOS DAT
2060= 1"OS SOLICITADOS",T90,"=")
2070= GO TO 163
2080=2100 PRINT 1034
2090=1034 FORMAT (//,10X,"NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO",
2100= 1 /,20X,"CALCULADO POR EL PROGRAMA=0",/,20X,"SUMINISTRADO AL PROGRAMA
2110= 1"=1",/,10X,"OPCION= ",2X)
2120= READ *,OPCION
2130= IF (OPCION .EQ. 1.) GO TO 200
2140=26 IEST=0
2150= GO TO 2200
2160=200 PRINT 1035
2170=1035 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LA LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE B
2180= 1"OMBEO")
2190= IEST=1
2200= PRINT 1036
2210=1036 FORMAT (10X,"PROPORCIONE EL NUMERO DE ESTACIONES DE BOMBEO",T90,"="
2220= (*")
2230= READ *,NEST
2240= DO 100 I10=1,NEST
```

```
2250= PRINT 1037,110
2260=1037 FORMAT (10X,"LA ESTACION DE BOMBEO ",I3,2X,"SE LOCALIZA AL FINAL D
2270= 1EL TRAMO ",I90,"=")
2280= READ *,LEST (I10)
2290=100 CONTINUE
2300=2200 PRINT 1028
2310=1028 FORMAT (//,10X,"GASTO A LO LARGO DEL DUCTO",/,20X,"GASTO CONSTANTE
2320= 1=0",/,20X,"GASTO VARIABLE=1",/,10X,"OPCION =",2X)
2330= READ *,OPCION
2340= IF (OPCION.EQ. 1.) GO TO 100
2350= PRINT 1029
2360=1029 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE EL GASTO EN BPD",53X,"=")
2370= READ *,G
2380= DO 80 I8=1,NTRAM
2390=80 GPD(I8)=G
2400= GO TO 2300
2410=180 PRINT 1030
2420=1030 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LOS VALORES DE GASTO DESEADOS",/)
2430=181 PRINT 1031
2440=1031 FORMAT (10X,"INDIQUE DE QUE TRAMO A QUE TRAMO DESEA UN NISMO GASTO
2450= 1,TRAMO(I),TRAMO(I+N)",I90,"=")
2460=183 READ *,N1,N2
2470= IF (N2 .GT. NTRAM) GO TO 182
2480= PRINT 1032,N1,N2
2490=1032 FORMAT (10X,"PROPORCIONE EL GASTO DESEADO ENTRE EL TRAMO ",I3,2X,"
2500= 1Y EL TRAMO ",I3,2X,"EN BPD",I90,"=")
2510= READ *,B
2520= DO 90 I9=N1,N2
2530=90 BPD(I9)=B
2540= IF (N2 .LT. NTRAM) GO TO 181
2550= GO TO 2300
2560=182 PRINT 1033,NTRAM,N2
2570=1033 FORMAT (/,10X,"** CUIDADO ** EL NUMERO DE TRAMOS EXCEDE AL PROPORC
2580= 1IONADO INICIALMENTE",/,30X,"NUMERO DE TRAMOS INICIALES",I65,I3,/,3
2590= 10X,"DATO ALIMENTADO",I65,I3,/,10X
2600= 1,"PROPORCIONE NUEVAMENTE LOS DATOS SOLICITADOS",55X,"=")
2610= GO TO 183
2620=2300 PRINT 1009
2630=1009 FORMAT (//,10X,"DIAMETROS A LO LARGO DEL DUCTO",/,20X
2640= 1,"NISMO DIAMETRO=0",/,20X,"DIFERENTES DIAMETROS=1"
2650= 1,/,10X,"OPCION=",2X)
2660= READ *,OPCION
2670= IF (OPCION.EQ. 1.) GO TO 120
2680= PRINT 800
2690=800 FORMAT (/,25X,"INDICE",27X,"DIAMETRO COMERCIAL (PULG.)",/)
2700= DO 37 J1=1,14
2710= PRINT 13,J1,DIACON(J1)
2720=13 FORMAT (25X,I3,30X,FS.2)
2730=37 CONTINUE
2740= PRINT 1010
2750=1010 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE EL INDICE DEL DIAMETRO DESEADO A LO LA
2760= 1RGO DEL DUCTO",I90,"=")
2770= READ *,IDIAN
2780= DO 30 I3=1,NTRAM
2790= I3(I3)=IDIAN
2800= B(I3)=DIACON(IDIAN)
2810=30 CONTINUE
```

```
2820= PRINT 73
2830=75 FORMAT (10X,"DE EL COSTO DE TUBERIA,EN $/METRO LINEAL",/,10X,"VER
2840= 1TABLA DE LINEAS DE CONDUCCION",T90,"=")
2850= READ *,TUB
2860= DO 15 I15=1,NTRAM
2870= ZTUB(I15)=TUB
2880=15 CONTINUE
2890= GO TO 2400
2900=120 PRINT 1011
2910=1011 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LOS INDICES DE LOS DIAMETROS DESEADOS"
2920= 1,/)
2930=121 PRINT 1012
2940=1012 FORMAT (//,10X,"INDIQUE DE QUE TRAMO A QUE TRAMO DESEA UN MISMO DI
2950= 1AMETRO,TRAMO(I),TRAMO (I+N)",21X,"=")
2960=123 READ *,N1,N2
2970= IF (N2 .GT. NTRAM) GO TO 122
2980= PRINT 900
2990=900 FORMAT (/,25X,"INDICE",27X,"DIAMETRO COMERCIAL (PULG)",/)
3000= DO 47 J1=1,14
3010= PRINT 23,J1,DIACOM(J1)
3020=23 FORMAT (25X,I3,30X,F5.2)
3030=47 CONTINUE
3040= PRINT 1013,N1,N2
3050=1013 FORMAT (/,10X,"PROPORCIONE EL INDICE DEL DIAMETRO DESEADO ENTRE EL
3060= 1TRAMO ",I3,2X,"Y EL TRAMO",I3,2X,"=")
3070= READ *,IDIAM
3080= DO 40 I4=N1,N2
3090= ID(I4)=IDIAM
3100= D(I4)=DIACOM(IDIAM)
3110=40 CONTINUE
3120= PRINT 73
3130=73 FORMAT (10X,"DE EL COSTO DE TUBERIA,EN $/METRO LINEAL",/,10X
3140= 1,"VER TABLA DE LINEAS DE CONDUCCION",T90,"=")
3150= READ *,TUB
3160= DO 25 I25=N1,N2
3170= ZTUB(I25)=TUB
3180=25 CONTINUE
3190= IF (N2 .LT. NTRAM) GO TO 121
3200= GO TO 2400
3210=122 PRINT 1014,NTRAM,N2
3220=1014 FORMAT (//,10X,"* CUIDADO * EL NUMERO DE TRAMOS EXCEDE AL PROPOR
3230= 1CIONADO INICIALMENTE",/,30X,"NUMERO DE TRAMOS INICIALES",T45,I3,/
3240= 1,30X,"DATO ALIMENTADO",T45,I3,/,10X
3250= 1,"PROPORCIONE NUEVAMENTE LOS DATOS SOLICITADOS",T90,"=")
3260= GO TO 123
3270=2400 PRINT 1017
3280=1017 FORMAT (//,10X,"ESPESOR:",/,20X,"CALCULADO POR EL PROGRAMA=0",/,20
3290= 1X,"SUNISTRADO AL PROGRAMA=1",/,10X,"OPCION= ",2X)
3300= READ *,OPCION
3310= IF (OPCION .EQ. 1.) GO TO 140
3320=34 IT=0
3330= GO TO 149
3340=140 IT=1
3350= PRINT 1018
3360=1018 FORMAT (//,10X,"PROPORCIONE LOS ESPESORES DESEADOS",/)
3370=141 PRINT 1019
3380=1019 FORMAT (10X,"INDIQUE DE QUE TRAMO A QUE TRAMO DESEA UN MISMO ESPES
3390= 1OR,TRAMO (I),TRAMO(I+N)",T90,"=")
```

```
3400=143 READ *,N1,N2
3410= IF (N2 .GT. NTRAN) GO TO 142
3420= PRINT 1020,N1,N2
3430=1020 FORMAT (10X,"PROPORCIONE EL ESPESOR DESEADO ENTRE EL TRAMO",I3,2X,
3440= 1"Y EL TRAMO ",I3,2X,"EN PULGADAS",22X,"=")
3450= READ *,ESP
3460= DO 50 I5=N1,N2
3470=50 T(I5)=ESP
3480= IF (N2 .LT. NTRAN) GO TO 141
3490= GO TO 149
3500=142 PRINT 1021,NTRAN,N2
3510=1021 FORMAT (/ ,10X,"** CUIDADO ** EL NUMERO DE TRANOS EXCEDE AL PROPORC
3520= IONADO INICIALMENTE",/ ,30X,"NUMERO DE TRANOS INICIALES",T65,I3,/ ,3
3530= 10X,"DATO ALIMENTADO",T65,I3,/ ,10X,"PROPORCIONE NUEVAMENTE LOS DATO
3540= 15 SOLICITADOS" T90,"=")
3550= GO TO 143
3560=149 CALL PBATS (D,T,PMAX,RPD,NEST,LEST)
3565=157 CONTINUE
3570= RETURN
3580= END
```

- 218 -
SUBROUTINA P DATOS

4.C.3

```
3590= SUBROUTINE P DATOS (D,T,P MAX,QBPD,N EST,L EST)
3600= DIMENSION B(60),T(60),P MAX(60),QBPD(60),L EST(60)
3610= COMMON /TUB/SMP,RUGESP,WEIGHT(60),WTOT
3620= COMMON /BOMBA/PSUC,DPB,COMBV,DPBH,HT
3630= COMMON /PROP/LIQUID(20),VISC,SPGR
3640= COMMON /NTRAM/NTRAM,IB(60)
3650= COMMON /FLAG/IT,IEST
3660= COMMON /TERR/RLONG(60),ALT(60)
3670= COMMON /PHIDRA/PERFIL(2,60)
3680= COMMON /INDICE/ZINH,ZBOMB,ZKUH,ZVAP,NANB,NAB,ZINT,PT,PB,ZTUB(60)
3690= CALL BATE (FECHA) & CALL TIME (TIEMPO)
3700= PRINT 1001,FECHA,TIEMPO
3710=1001 FORMAT (8(/),45X,39(" *"),/,45X,"* FECHA",2X,1A10,2X,"HORA",2X
3720= 1,1A10,1X,"*",/,45X,39(" *"))
3730= PRINT 1002
3740=1002 FORMAT (///,40X,"DATOS SUMINISTRADOS",///)
3750= PRINT 1004,LIQUID,VISC,SPGR
3760=1004 FORMAT (10X,"FLUIDO MANEJADO ",9X,20A1,/,10X,"VISCOSIDAD",22X,F7.2
3770= 1,4X,"CP",/,10X,"DENSIDAD RELATIVA",17X,F7.4)
3780= PRINT 1005,PSUC,DPB,COMBV
3790=1005 FORMAT (//,10X,"CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LAS BOMBAS",
3800= 1 /,10X,"PRESION DE SUCCION",13X,F7.1,4X,"PSIG"
3810= 1,/,10X,"CARGA GENERADA",17X,F7.1,4X,"PIES",/,10X,
3820= 1,"CONSUMO DE VAPOR",18X,F6.3,2X,"KG/HP-H")
3830= PRINT 1006,SMP,RUGESP
3840=1006 FORMAT (//,10X,"CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA",/,10X,
3850= 1"ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE",5X,F7.1,5X,"PSI",/,10X,
3860= 1"RUGOSIDAD",26X,F7.5,2X,"PIES")
3870= PRINT 1007
3880=1007 FORMAT (///,10X,"TRAMO",3X,"LONGITUD DEL",3X,"DIFERENCIA DE ALTURA
3890= 1S",3X,"DIAMETRO EXTERNO",3X,"ESPESOR",3X,"PRES MAXIMA DE",3X
3900= 1," GASTO ",7X,"STUB/H"/,19X,"TRAMO (KM)",4X,"EN EL TRAMO (METROS)
3910= 1",5X,"(PULGADAS)",8X,"(PULG)",4X,"TRABAJO (PSIG)",4X,"(DPB)",//)
3920= DO 10 I1=1,NTRAM
3930= I11=I1 + 1
3940= RLONG(I11)=PERFIL(1,I11) - PERFIL(1,I1)
3950= ALT(I11)=PERFIL(2,I11) - PERFIL(2,I1)
3960= PRINT 1008,I1,RLONG(I1),ALT(I1),B(I1),T(I1),P MAX(I1),QBPD(I1),ZTUB
3970= 1(I1)
3980=1008 FORMAT (11X,I3,5X,F9.3,12X,F7.2,15X,F6.2,8X,F7.4,6X,F9.2,5X,F9.1,
3990= 13X,F8.1)
4000=10 CONTINUE
4010= IF (IT .EQ. 0) PRINT 1009
4020=1009 FORMAT (5(/),10X,"EL ESPESOR DE LA TUBERIA SERA DETERMINADO POR EL
4030= 1 PROGRAMA")
4040= IF (IEST .EQ. 1) GO TO 110
4050= PRINT 1010
4060=1010 FORMAT (/,10X,"LA LOCALIZACION Y EL NUMERO DE ESTACIONES DE REDON
4070= 1DEO SERA DETERMINADA POR EL PROGRAMA")
4080= GO TO 120
4090=110 PRINT 1011
4100=1011 FORMAT (//,10X,"LA LOCALIZACION Y EL NUMERO DE ESTACIONES DE REDON
4110= 1DEO SON SUMINISTRADAS POR EL USUARIO",//,20X,"ESTACION"
4120= 1 ,5X,"LOCALIZADA AL FINAL DEL TRAMO",//)
4130= DO 20 I2=1,N EST
4140= PRINT 1012,I2,L EST(I2)
4150=1012 FORMAT (I23,I2,15X,I3)
```

4160=20 CONTINUE
4170=120 PRINT 1013,ZINV,ZBOMB,ZKWH,ZVAP,ZINT,NAKD,HAB,PT,PB
4180=1013 FORMAT (//,10X,"COSTOS",/,10X,"COSTO DEL CRUDO",13X,F7.2,4X
4190= 1,"\$/BARRIL",/,10X,"COSTO DE BOMBEO",10X,F10.2,4X,"\$/HP INST."
4200= 1,/,10X,"COSTO DE ENERGIA ELECTRICA",4X,F5.2,4X,"\$/KWH"
4210= 1,/,10X,"COSTO DEL VAPOR",11X,F9.2,4X,"\$/KG",/,10X
4220= 1,"INTERES ANUAL",10X,F4.2,/,10X,"VIDA UTIL TUBERIA",12X
4230= 1,13,7X,"AÑOS",/,10X,"VIDA UTIL BOMBA",14X,13,7X,"AÑOS",/
4240= 1,10X,"Z COSTO TUB PARA MANT.",9X
4250= 1,F4.2,/,10X,"Z COSTO BOMBAS PARA MANT.",4X,F4.2)
4260= RETURN
4270= END

SUBROUTINA THICK

4.C.4

=====

```
4280= SUBROUTINE THICK (PMAX,D,TCOM,T,DINT)
4290= DIMENSION D(60),PMAX(60),T(60),TCOM(6,14),DINT(60)
4300= COMMON /NTRAND/NTRAM,IB(60)
4310= COMMON /NOTAS/RAVISO(60)
4320= COMMON /TERR/RLONG(60),ALT(60)
4330= COMMON /TUB/SMP,RUGESP,WEIGHT(60),WTOT
4340= WTOT=0.
4360= DO 10 I1=1,NTRAM
4370= TC=(PMAX(I1) * D(I1))/(2. * SMP)
4380= I=IB(I1)
4390= DO 20 I2=1,6
4400= IF (TC .GT. TCOM(I2,I)) GO TO 21
4410= T(I1)=TCOM(I2,I)
4420= GO TO 17
4430=21 IF (TCOM(I2,I) .GT. 0.01) GO TO 20
4440= I21=I2 - 1
4450= PRINT 1001,I1,TC,TCOM(I21,I)
4460=1001 FORMAT (5(/),10X,"** CUIDADO ** EL ESPESOR REQUERIDO ES MAYOR AL M
4470= 1AXIMO ESPESOR DISPONIBLE COMERCIALMENTE",/,25X,"PARA LA EVALUACION
4480= 1 DEL DUCTO SE EMPLEARA EL ESPESOR CALCULADO",//,30X,"TRAMO",I6,/,3
4490= 10X,"ESPESOR CALCULADO",13X,F5.3,/,30X,"MAXIMO ESPESOR COMERCIAL",6
4500= 1X,F5.3)
4510= T(I1)=TC
4520= RAVISO(I1)=I1*
4530= GO TO 22
4540=20 CONTINUE
4550=17 RAVISO(I1)=1#
4560=22 DINT(I1)=D(I1) - 2.0*T(I1)
4570= WEIGHT(I1)=((D(I1)**2 - DINT(I1)**2)*3976.90)*RLONG(I1)
4580= WTOT=WTOT + WEIGHT(I1)
4590=10 CONTINUE
4600= RETURN
4610= END
```

SUBROUTINE FFRIC

4,c.5

```
5470* SUBROUTINE FFRIC (QDPD,DINT,FANING)
5480* DIMENSION QDPD(60),DINT(60),FANING(60)
5490* COMMON /FRIC/VEL(40),INDFJO(60)
5500* COMMON /NTRAM/NTRAM,IB(40)
5510* COMMON /TOLS/TOLF,NMAXF
5520* COMMON /PROP/LIQUID(20),VISC,SPGR
5530* COMMON /TUB/SMP,RUGESP,WEIGHT(40),UTOT
5540* GO TO I1=1,NTRAM
5550* VEL (I1)=1.19167E-02*QDPD(I1)/(DINT(I1)**2)
5560* RE=91.9958 * QDPD(I1) * SPGR / ( DINT(I1) *VISC)
5570* IF (RE.LE.2100) GO TO 110
5580* F=(1./(4.*ALOG10(DINT(I1)/(24.*RUGESP)) +3.48))**2
5590* REK=12.0*RUGESP*RE*SQRT(F/2.)/DINT(I1)
5600* IF (REK.LE.3.0) GO TO 120
5610* IF (REK.LE.70.) GO TO 140
5620* INDFJO(I1)=4
5630* FANING(I1)=F
5640* GO TO 10
5650=110 INDFJO(I1)=1
5660* FANING(I1)=16./RE
5670* GO TO 10
5680=120 FF=F
5690* I2=0
5700=132 I2=I2+1
5710* FCORR1=(1./(4.*ALOG10(RE*SQRT(F)) -0.4))**2
5720* CONV=ABS(F-FCORR1)
5730* IF(CONV.LE.TOLF) GO TO 142
5740* F=FCORR1
5750* IF(I2.LE.NMAXF) GO TO 132
5760* PRINT 700,I2,I1,F,FCORR1
5770=700 FORMAT(5(/),10X,"**CUIDADO**",4X,"NO CONVERGE EL FACTOR DE FRICCION
5780* 1N CORREGIDO PARA FLUJO TURBULENTO EN TUBERIA LISA",2X,"DESPUES
5790* 1 DE ",I3," VECES",//,25X," SE EMPLEARA EL FACTOR DE FRICCION PAR
5800* 1A FLUJO TURBULENTO EN TUBERIA COMPLETAMENTE RUGOSA",//,30X,"TRA
5810* 1NO",I4,/,30X,"FACTOR DE FRICCION EN FLUJO TURBULENTO EN TUBERIA
5820* 1 COMPLETAMENTE RUGOSA",11X,F10.7,/, "ULTIMO VALOR CORREGIDO DEL
5830* 1FACTOR DE FRICCION",13X,F10.7)
5840* FCORR1=FF
5850=142 INDFJO(I1)=2
5860* FANING(I1)=FCORR1
5870* GO TO 10
5880=140 FF=F
5890* I3=0
5900=172 I3=I3 + 1
5910* FCORR2=(1./(4.*ALOG10(DINT(I1)/(24.*RUGESP)) + 3.48 - (4.*ALOG10(1
5920* 1+ (0.38958*DINT(I1)/(RE*SQRT(F))))))**2
5930* CONV=ABS(F - FCORR2)
5940* IF (CONV .LE. TOLF) GO TO 180
5950* F=FCORR2
5960* IF (I3 .LE. NMAXF) GO TO 172
```

```
5970=      PRINT 800,I3,I1,FF,FCORR2
5980=800   FORMAT (5(/),10X,"** CUIDADO **",/,4X,"NO CONVERGE EL FACTOR DE
5990=      1FRICCIÓN CORREGIDO PARA FLUJO TURBULENTO EN TUBERÍA PARCIALMENTE
6000=      1RUGOSA",2X,"DESPUES DE ",I3," VECES ",/,4X,"SE EMPLEARA EL FACTOR
6010=      1DE FRICCIÓN PARA FLUJO TURBULENTO EN TUBERÍA COMPLETAMENTE RUGOSA"
6020=      1,/,30X,"TRAMO",I6,/,30X,"FACTOR DE FRICCIÓN EN FLUJO TURBULENTO
6030=      1EN TUBERÍA COMPLETAMENTE RUGOSA",11X,F10.7,/, "ULTIMO VALOR CORRE
6040=      1GIDO DEL FACTOR DE FRICCIÓN",13X,F10.7)
6050=      FCORR2=FF
6060=180   INDFJ8(I1)=3
6070=      FANING(I1)=FCORR2
6080=10    CONTINUE
6090=      RETURN
6100=      END
```

SUBROUTINA DELTAP

4.C.6 (a)

```
4620= SUBROUTINE DELTAP (QBP, DINT, FANING, PDROP, PDROPN)
4630= DIMENSION FANING(60), QBP(60), DINT(60), PDROP(60), PDROPN(60)
4640= COMMON /NTRAND/NTRAN, ID(60)
4650= COMMON /PROP/LIQUID(20), VISC, SPGR
4660= DO 10 I1=1, NTRAN
4670= PDROP(I1)=0.150351 * FANING(I1) * SPGR * QBP(I1)**2/DINT(I1)**5
4680= PDROPN(I1)=PDROP(I1) * 0.7041/SPGR
4690=10 CONTINUE
4700= RETURN
4710= END
```

SUBROUTINA EFFICT

4.C.6 (b)

```
8040= SUBROUTINE EFFICT (I, QGPN, EFICB)
8060= COMMON /BOMBA/PSUC, DPB, CONSV, DPN, NT
8065= QGPN=QGPN /34.32
8070= EFICB =0.6*NT**0.03*QGPN**0.41/(HT + QGPN)**0.4
8080= RETURN
8090= END
```

FUNCION PBAR

4.C.6 (c)

```
7500= FUNCTION PBAR (H, SG)
7510= A=14.6850367
7520= B=-1.21065E-04
7530= PBAR=0.7041*(A*EXP(B*H))/SG
7540= RETURN
7550= END
```

SUBROUTINA ESTPRG

4.C.7

=====

```
4720= SUBROUTINE ESTPRG (QBP,PDROPH,PMAX,QBP,ETOT,NEST,LEST,XEST)
4730= DIMENSION XEST(2,30),ETOT(60),LEST(60),PDROPH(60),PMAX(60)
4740= I,PTO(60),CAT(60),DIST(60),XDT(60),PENB(60),ORB(60)
4745= I,QBPD(60),QBPN(60)
4750= COMMON /NTRAM/NTRAM,IB(60)
4760= COMMON /PROP/LIQUI(20),VISC,SPGR
4770= COMMON /BOHA/PSUC,BPB,CONGV,BPBH,NT
4780= COMMON /TERR/RLONG(60),ALT(60)
4790= COMMON /PWIDRA/PERFIL(2,60)
4800= NEST=0
4805= NLAST=NTRAM + 1
4810= PSUCH=PSUC * 0.7041/SPGR
4820= BPBH=BPB * 0.3048
4830= DO I= 1,NTRAM
4840= YTI=I + I
4850= ETOT(I1)=PSUCH + DPBH +PERFIL(2,I1) + PBAR(PERFIL(2,I1),SPGR)
4860= IF (I1 .GT. 1) ETOT(I1)=T
4870= FNNI=ETOT(I1) :-PBARPN(I1) * RLONG(I1)
4880= ETOT(I11)=PERFIL(2,I11) + PBAR(PERFIL(2,I11),SPGR) + PSUCH
4890= FBIF=FNNI - ETOT(I11)
4900= IF (FBIF) 110,120,130
4910=110 CALL HIPOTE (PSUCH,PTO,CAT,DIST,XDT,PENB,ORB)
4920= PENBT=(FNNI - ETOT(I1))/DIST(I1)
4930= ORDT=FNNI - PENBT*XDT(I11)
4940=113 XINT=(ORB(I1) - ORDT)/(PENBT - PENB(I1))
4950= YINT=ORB(I1) + PENB(I1)*XINT
4960= A=XINT - XDT(I1)
4970= B=YINT - PTO(I1)
4980= C=SQRT ((A *1000.)**2 +B**2)/1000.
4990= NEST=NEST + 1
5000= LEST(NEST)=I1
5003= BP=QBPD(I1)
5007= QBPN(NEST)=QP
5010= XEST(1,NEST)=PERFIL(1,I1) + C
5020= XEST(2,NEST)=YINT - PSUCH - PBAR(YINT,SPGR)
5030= XINTT=XINT
5040= AA=YINT + DPBH
5050= AL=(RLONG(I1) - C)*PDROPH(I1)
5060= T=AA - AL
5070= FT=T - ETOT(I11)
5080= IF (FT) 112,120,114
5090=112 CALL HIPOTE (PSUCH,PTO,CAT,DIST,XDT,PENB,ORB)
5100= PENBT=(T - AA)/(XDT(I11) - XINTT)
5110= ORDT=T - PENBT * XDT(I11)
5120= GO TO 113
5130=114 ETOT(I11)=T
5140= T=ETOT(I11)
5150= PDESC=PSUC + (BP)*SPGR*0.43313)
5160= IF (PDESC .GT. PMAX(I1)) GO TO 180
5170= GO TO 10
```

4.C.7 (CONT.)

```
5180=120  NEST=NEST + 1
5190=    LEST(NEST)=I1
5193=    QP=QBP(I1)
5195=    QBP(NEST)=QP
5200=    XEST(1,NEST)=PERFIL(1,I11)
5210=    XEST(2,NEST)=PERFIL(2,I11)
5220=    ETOT(I11)=ETOT(I11) + BPH
5230=    T = ETOT(I11)
5240=    PDESC=PSUC + (QP*SPGR*0.43313)
5250=    IF (PDESC .GT. PMAX(I1)) GO TO 180
5260=    GO TO 10
5270=130  ETOT(I11)=ETOT(I1) - PRRBP(I1)*RLONG(I1)
5280=    T=ETOT(I11)
5290=    IF (I11 .GT. NLAST) GO TO 200
5300=    GO TO 10
5310=180  PRINT 1002,I1,PMAX(I1),PDESC
5320=1002  FORMAT (5//,10X,"** CUIDADO ** LA PRESION DE DESCARGA ES
5330=    1 MAYOR A LA PRESION MAXIMA DE DISEÑO EN EL TRAMO ",
5340=    1I4,/,20X,"PRESION MAXIMA DE TRABAJO = ",F6.1,2X,"PSIG",
5350=    1 /,20X,"PRESION DE DESCARGA = ",F6.1,2X,"PSIG")
5360=200  NEST=NEST + 1
5370=    LEST (NEST)=I1
5373=    QP=QBP(I1)
5375=    QBP(NEST)=QP
5380=    XEST (1,NEST)=PERFIL (1,I11)
5390=    XEST(2,NEST)=PERFIL (2,I11)
5400=    PRINT 666,NEST,PERFIL(1,I11),T
5410=666  FORMAT (//,50X," ** OBSERVACION ** ",//,10X
5420=    1,"ESTACION NO.",3X,I3,/,10X,"KILOMETRAJE",3X
5430=    1,F7.2,/,10X,"CARGA",9X,F7.2,2X,"METROS")
5440=10    CONTINUE
5450=    RETURN
5460=    END
```

SUBROUTINA HIPOTE

4.C.8

=====

```
7560= SUBROUTINE HIPOTE (PSUCH,PTO,CAT,DIST,XDT,PEND,ORB)
7570= DIMENSION PTO(60),CAT(60),DIST(60),XDT(60),PEND(60),ORB(60)
7580= COMMON /NTRAM/NTRAM,IB(60)
7590= COMMON /TERR/RLONG(60),ALT(60)
7600= COMMON /PRAP/LIQUID(20),VISC,SPGR
7610= COMMON /PHIDRA/PERFIL(2,60)
7620= COMMON /BONDA/PSUC,DPB,CONSV,DPBN,NT
7630= XDT(1)=PERFIL(1,1)
7640= DO 10 I1=1,NTRAM
7650= I11=I1 + 1
7660= PTO(I1)=PERFIL(2,I1) + PSUCH + PBAR(PERFIL(2,I1),SPGR)
7670= PTO(I11)=PERFIL(2,I11) + PSUCH + PBAR(PERFIL(2,I11),SPGR)
7680= CAT(I1)=PTO(I11) - PTO(I1)
7690= DIST(I1)=(SQRT((RLONG(I1)*1000.0)**2 - ABS(CAT(I1))**2 ))/ 1000.0
7700= XDT(I11)=XDT(I1) + DIST(I1)
7710= PEND(I1)=CAT(I1) / DIST(I1)
7720= ORB(I1)=PTO(I11) - PEND(I1)*XDT(I11)
7730=10 CONTINUE
7740= RETURN
7750= END
```

SUBROUTINE HP

4.C.9

=====

```
6110= SUBROUTINE HP (QBPN, QBPN, NEST, LEST, POT, KUH, EFICB)
6120= DIMENSION QBPN(60), QBPN(60), LEST(40), POT(40), KUH(60), EFICB(60)
6125= REAL KUH, KUHTOT
6130= COMMON /BONDA/PSUC,DPB,CONSV,DPBN,HT
6135= COMMON /PROP/LIQUID(20),VISC,SPGR
6140= COMMON /ENERG/POTTOT,KUHTOT
6150= POTTOT=0.0 * KUHTOT=0.0
6170= HT=DPB + (PSUC*2.31/SPGR)
6180= I=1
6181= QBPN(1)=QBPN(1)
6185= CALL EFFICT (I,DPBN,EFICB)
6190= POT(1)=7.36616E-06*DPB*QBPN(1)/EFICB(1)
6200= POTTOT=POT(1)
6210= DO 10 I1=1,NEST
6230= CALL EFFICT (I1,QBPN,EFICB(I1))
6240= POT(I1)=7.36616E-06*DPB*QBPN(I1)/EFICB(I1)
6250= KUH(I1)=POT(I1) * 0.745702
6260= POTTOT = POTTOT + POT(I1)
6270= KUHTOT=KUHTOT + KUH(I1)
6280=10 CONTINUE
6290= RETURN
6300= END
```

SUBROUTINE BHPEST

4.C.10

=====

```
8100= SUBROUTINE BHPEST (QBPB,PMAX,PDRPH,NEST,LEST,XEST,POT,KWH,EFICB)
8110= DIMENSION QBPB(60),LEST(30),PDRPH(60),XEST(2,30)
8113= I,POT(60),KWH(60),EFICB(60),PMAX(60),QBPB(60)
8115= REAL KWH,KWHTOT
8120= COMMON /FRIC/VEL(60),INDFJD(60)
8123= COMMON /DOKBA/PSUC,DPB,CONSV,DPBH,NT
8125= COMMON /PROP/LIQUIB(20),VISC,SPGR
8130= COMMON /TERR/RLONG(60),ALT(60)
8135= COMMON /ENERG/POTTOT,KWHTOT
8137= POTTOT=0.0 * KWHTOT=0.0
8140= I=1
8150= NTF=1
8160=3 NTF=LEST(I)
8170= TOT = 0.0
8180= DO 10 J=NTF,NTF
8190= JI=J+1
8200= PERDT=( PDRPH(J)*RLONG(J) + (XEST(2,JI) - XEST(2,J)) + (0.0047329
8210= 119*(VEL(JI)**2 - VEL(J)**2))*QBPB(J)*SPGR*0.000024163
8212= HT=(0.8*PMAX(J)-PSUC)*2.31/SPGR
8213= QP1=QBPB(J)
8214= QBPB(J)=QP1
8215= CALL EFFICT (J,QBPB,EFICB)
8220= TOT=TOT + (PERDT/EFICB(J))
8225=10 CONTINUE
8230= POT(I)=TOT
8240= KWH(I)=POT(I)*0.745702
8250= POTTOT=POTTOT + POT(I)
8260= KWHTOT=KWHTOT + KWH(I)
8270= I=I + 1
8280= NTF=NTF
8290= IF (I .GT. NEST) GO TO 30
8300= GO TO 5
8310=30 RETURN
8320= END
```

SUBROUTINE EVALUA

4.C.11

=====

```
7760= SUBROUTINE EVALUA (DINT)
7770= DIMENSION BAR (60),DINT(60),CTUB(60)
7775= REAL KUHTOT
7780= COMMON /NTRAM/NTRAM,IB(60)
7790= COMMON /ENERG/POTTOT,KUHTOT
7800= COMMON /PHIDRA/PERFIL(2,60)
7810= COMMON /TERR/RLONG(60),ALT(60)
7820= COMMON /INDICE/ZINV,ZBOMB,ZKUN,ZVAP,NAB,NAD,ZINT,PT,PB,ZTUB(60)
7830= COMMON /PRECIO/CINVET,CBOMB,CTTUB,CHANTT,CHANTB,COP,COSTOT
7831= I,BTUB,DBOMB
7835= COMMON /BOMBA/PSUC,DPB,CONSV,DPDN,WT
7840= BARTOT=0.0 * CTTUB=0.0
7850= DO 10 I1=1,NTRAM
7860= BAR(I1)=3.187114 * DINT(I1)**2*RLONG(I1)
7870= BARTOT=BARTOT + BAR(I1)
7880=10 CONTINUE
7890= CINVET=(ZINV*BARTOT)/100000.0
7900= CBOMB=POTTOT+ZBOMB/100000.0
7910= DO 20 I2=1,NTRAM
7920= CTUB(I2)=1.4*RLONG(I2)*1000.0*ZTUB(I2)/100000.0
7930= CTTUB=CTTUB + CTUB(I2)
7940=20 CONTINUE
7950= CHANTT=PT*CTTUB
7960= CHANTB=PB*CBOMB
7970= FVP=ZINT*(1 + ZINT)**NAB/((1 + ZINT)**NAB - 1)
7980= CVAPOR=POTTOT *8000*CONSV*ZVAP
7990= CENELE=KUHTOT*8000.*ZKUN
8000= COP=(CVAPOR + CENELE)*FVP/100000.0
8012= BTUB=0.25 * CTTUB/NAB
8014= DBOMB=0.25 * CBOMB/NAB
8016= COSTOT=CINVET+CBOMB+CTTUB+CHANTT+CHANTB+COP+BTUB+DBOMB
8020= RETURN
8030= END
```

SUBROUTINA PRINTT

4.C.12

```
=====  
6310= SUBROUTINE PRINTT (D,DINT,I,PMAX,QBPB,FANING,PDROP,PDROPH,NEST  
6320= 1,XEST,POT,KUH,EFICB)  
6330= DIMENSION D(60),DINT(60),I(60),PMAX(60),QBPB(60),FANING(60),  
6340= 1V(60),RAV(60),FF(60),U(60),PB(60),PBH(60),RL(60),  
6350= 1PDROP(60),PDROPH(60),XEST(2,30),EFICB(60),KUH(60),POT(60),  
6360= 1ITRAM(60),A(60),BI(60),OD(60),ESP(60),PHT(60),Q(60),FLUJOL(60)  
6375= REAL KUH,KUHTOT  
6380= COMMON /TERR/RLONG(60),ALT(60)  
6390= COMMON /NTRANO/NTRAM,IB(60)  
6400= COMMON /BOMBA/PSUC,SPB,CNSV,DPBN,NT  
6410= COMMON /ENERG/POTTOT,KUHTOT  
6420= COMMON /FRIC/VEL(60),INDFJB(60)  
6430= COMMON /NOTAS/RAVISO(60)  
6440= COMMON /TUB/SMP,RUGESP,WEIGHT(60),WTOT  
6450= COMMON /INDICE/ZINU,ZBOMB,ZKUH,ZVAP,NANO,NAB,ZINT,PT,PB,ZTUB(60)  
6460= COMMON /PRECIO/CINNET,CBOMB,CTTUB,CNANTT,CNANTB,COP,COSTOT  
6461= 1,DTUB,DBOMB  
6470= DATA (FLUJOL(I),I=1,4)/10HF.LAMINAR ,10HPARER LISA ,  
6480= 110HPARC RUGOS ,10HTOT RUGOSA /  
6490= ISUM1=0  
6500= PRINT 1001,NTRAM  
6510=1001 FORMAT (/////,40X,  
6520= 1"CONDICIONES DE OPERACION"  
6530= 1,/,10X,"NUMERO DE TRANOS ANALIZADOS",5X,I6,/)   
6540= DO 10 I1=1,NTRAM,4  
6541= PRINT 333  
6542=333 FORMAT (5(/),41X,"RESULTADOS POR BLOQUE DE CUATRO TRANOS CADA UNO"  
6543= 1)  
6550= DO 30 I3=1,4  
6560= ISUM1=ISUM1 +1  
6570= ITRAM(I3)=ISUM1  
6580= RL(I3)=RLONG(ISUM1)  
6590= A(I3)=ALT(ISUM1)  
6600= OD(I3)=O(ISUM1)  
6610= BI(I3)=DINT(ISUM1)  
6620= ESP(I3)=T(ISUM1)  
6630= PHT(I3)=PMAX(ISUM1)  
6640= Q(I3)=QBPB(ISUM1)  
6650= V(I3)=VEL(ISUM1)  
6660= RAV(I3)=RAVISO(ISUM1)  
6810= FF(I3)=FANING(ISUM1)  
6820= U(I3)=WEIGHT(ISUM1)/1000.  
6830= PB(I3)=PDROP(ISUM1)  
6840= PDM(I3)=PDROPH(ISUM1)  
6850=30 CONTINUE  
6860= PRINT 1002,(ITRAM(I),I=1,4)  
6870=1002 FORMAT (/,5X,"TRANO",35X,I3,3(20X,I3),/)   
6880= PRINT 1003,(RL(I),I=1,4)  
6890=1003 FORMAT (5X,"LONGITUD, KM",25X,F8.3,3(15X,F8.3))  
6900= PRINT 1004,(A(I),I=1,4)  
6910=1004 FORMAT (5X,"DIFERENCIAL DE ALTURAS,METROS",8X,F6.1  
6920= 1,3(17X,F6.1))  
6930= PRINT 1005,(OD(I),I=1,4)  
6940=1005 FORMAT (5X,"DIAMETRO EXTERIOR,PULG",16X,F7.3,3(16X,F7.3))  
6950= PRINT 1006,(BI(I),I=1,4)  
6960=1006 FORMAT (5X,"DIAMETRO INTERNO, ",17X,F7.3,3(16X,F7.3))
```

4.C.12 (CONT.)

=====

```
6970= PRINT 1007, (RAY(I),ESP(I),I=1,4)
6980=1007 FORMAT (5X,"ESPESOR,PULG",25X,A1,2X,F5.3,3(15X,A1,2X,F5.3))
6990= PRINT 1008,(W(I),I=1,4)
7000=1008 FORMAT (5X,"PESO DE LA TUBERIA,MILES DE KG",3X,F10.1,
7010= 13(15X,F10.1))
7020= PRINT 1009,(PMT(I),I=1,4)
7030=1009 FORMAT (5X,"PRESION MAX DE TRABAJO,PSIG",10X,F5.0,
7040= 13(15X,F5.0))
7050= PRINT 1010,(Q(I),I=1,4)
7060=1010 FORMAT (5X,"GASTO,BPD",25X,F8.0,3(15X,F8.0))
7070= PRINT 1011,(V(I),I=1,4)
7080=1011 FORMAT (5X,"VELOCIDAD,PIES/SEG",21X,F4.1,3(19X,F4.1))
7090= PRINT 1012,(FLUJDL(I),I=1,4)
7100=1012 FORMAT (5X,"TIPO DE FLUJO",18X,A10,3(3X,A10))
7110= PRINT 1013,(FF(I),I=1,4)
7120=1013 FORMAT (5X,"FACTOR DE FRICCION",22X,F6.4,3(17X,F6.4))
7130= PRINT 1014,(PD(I),I=1,4)
7140=1014 FORMAT (5X,"CAIDA DE PRESION,PSI",17X,F6.1,3(17X,F6.1))
7150= PRINT 1015,(PDH(I),I=1,4)
7160=1015 FORMAT (5X,"CAIDA DE PRESION,METROS",14X,F6.1,3(17X,F6.1))
7170=10 CONTINUE
7180= PRINT 1016,PSUC,DPB,MT
7190=1016 FORMAT (//,10X,"CARACTERISTICAS DE DISEÑO DE LAS BOMBAS",
7200= 1 /,10X,"PRESION DE SUCCION",7X,F7.1,4X,"PSIG"
7210= 1 /,10X,"CARGA GENERADA",11X,F7.1,4X,"PIES",/,10X,
7220= 1 "CARGA TOTAL",15X,F7.2,3X,"PIES")
7230= PRINT 1017
7240=1017 FORMAT (5(/),5X,"ESTACION",5X,"L O C A L I Z A C I O N",5X
7250= 1,"PRESION DE SUCCION",5X,"DIFERENCIAL DE",6X,"EFIC",7X,"BHP",10X
7260= 1,"KWH",/,23X,"KM",6X,"ALTURA(N)",
7270= 112X,"(PSIG)",11X,"CARGA(METROS)",//)
7280= DO 80 I8=1,N8ST
7290= PRINT 1018,I8,XEST(1,I8),XEST(2,I8),PSUC,DPB,EFIC(I8),POT(I8)
7300= 1,KWH(I8)
7310=1018 FORMAT (8X,I2,8X,F8.3,6X,F8.2,8X,F8.2,14X,F8.2,8X
7320= 1,F7.3,5X,F8.2,8X,F8.2)
7330=80 CONTINUE
7340= PRINT 1019,UTOT,POTTOT,KWHTOT
7350=1019 FORMAT (5(/),10X,"PESO TOTAL DE LA TUBERIA",11X,F13.1,
7360= 12X,"KILOGRAMOS",/,10X,"POTENCIA TOTAL CONSUMIDA",16X,
7370= 1F8.1,2X,"BHP",/,30X,F8.1,2X,"KWH")
7380= PRINT 1020,CTTMB,CDBMB,CINVEI,CANIT,CNANTB,BYUB,BROMB
7382= 1,COP,COSTOT
7390=1020 FORMAT (///,20X,"COSTOS EN MILLONES DE PESOS",//
7400= 1 /,10X,"COSTOS FIJOS",/,30X,"COSTO TUBERIA",T55,F9.3
7410= 1 /,30X,"COSTO SIST. DE BOMBEO",T52,F11.3
7420= 1 /,30X,"COSTO INVENTARIO",T55,F10.4
7430= 1 /,30X,"COSTO MANT. TUB.",T52,F9.
7440= 1 /,30X,"COSTO MANT. BOMBA",T55,F9.3
7445= 1 /,10X,"COSTOS VARIABLES",
7446= 1/30X,"DEPRECIACION TUBERIA",T55,F9.3
7447= 1/30X,"DEPRECIACION BOMBA",T55,F9.3
7450= 1 /,30X,"COSTOS DE OPERACION",T55,F9.3
7460= 1 /,10X,"COSTO TOTAL",T54,F10.31
7470= 1 /,10X,"COSTO TOTAL",T54,F10.31
7480= RETURN
7490= END
```

ANALISIS DE RESULTADOS

CAPITULO V

INDICE DE TABLAS DE RESULTADOS

=====

<u>N° TABLA</u>	<u>DESCRIPCION</u>
5.A	DATOS PROPORCIONADOS AL PROGRAMA
5.A.I	CONDICIONES DE OPERACION
5.A.II	N° Y LOC. DE EST. DE BOMBEO (500,000 BPD)
5.A.III	N° Y LOC. DE EST. DE BOMBEO (600,000 BPD)
5.A.IV	N° Y LOC. DE EST. DE BOMBEO (700,000 BPD)
5.A.V	CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES.
5.A.VI	PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)
5.A.VII	N° Y LOC. DE EST. DE BOMBEO (36 TRAMOS Y 500 MBPD)
5.A.VIII	N° Y LOC. DE EST. DE BOMBEO (36 TRAMOS Y 600 MBPD)
5.A.IX	N° Y LOC. DE EST. DE BOMBEO (36 TRAMOS Y 700 MBPD)
5.A.X	CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES.
5.A.XI	N° Y LOC. DE ESTACIONES DE BOMBEO SUMINISTRADAS AL PROGRAMA.
5.A.XII	EFICIENCIA Y CONSUMO DE POTENCIA POR ESTACION (500 MBPD Y 36 TRAMOS)
5.A.XIII	EFICIENCIA Y CONSUMO DE POTENCIA POR ESTACION (600 MBPD Y 36 TRAMOS)
5.A.XIV	EFICIENCIA Y CONSUMO DE POTENCIA POR ESTACION (700 MBPD Y 36 TRAMOS).
5.A.XV	CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES (ESTACIONES FIJAS)
FIG.5.A.1	DISTANCIA Y ALTURA TOTAL
FIG.5.A.2	PERFIL HIDRAULICO
FIG.5.A.3	N° Y LOCALIZACION ESTAC. DE BOMBEO SUMINISTRADAS AL PROGRAMA.

TABLA 5.A

DATOS PROPORCIONADOS

DE EL NUMERO DE CORRIDAS DESEADAS	=15
PROPORCIONE LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO	
NOMBRE DEL FLUIDO	=crudo maya e istmo
PROPORCIONE LA VISCOSIDAD PARA CRUDO MAYA E ISTMO EN CP	=28
PROPORCIONE LA DENSIDAD RELATIVA PARA CRUDO MAYA E ISTMO	=0.8977
PROPORCIONE LOS DATOS DEL PERFIL DE EL NUMERO DE TRANS	=1
PUNTO 1 LONGITUD, KM	=0.001
PUNTO 1 ALTURA, METROS	=34.05
PUNTO 2 LONGITUD, KM	=1074.4
PUNTO 2 ALTURA, METROS	=1440
PROPORCIONE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA	
RUGOSIDAD, EN FT	=0.00015
PROPORCIONE EL ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE, EN PSIG	=37440
PROPORCIONE LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS:	
PRESION DE SUCCION, EN PSIG	=50
PROPORCIONE LA CARGA DIFERENCIAL DE DISEÑO DE LA BOMBA, EN PIES DE EL CONSUMO DE VAPOR, EN KG/HP H	=2000 =8.5
TOLERANCIAS Y NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES	
DE EL NUMERO MAXIMO DE ITERACIONES P/CALCULAR EL FACTOR DE FRICCION	=18
DE LA TOLERANCIA P/CALCULAR EL FACTOR DE FRICCION	=0.000003
PROPORCIONE LOS SIGUIENTES COSTOS	
DE EL COSTO DE CRUDO, EN PESOS POR BARRIL	=3000.00
DE EL COSTO DE BOMBEO, EN PESOS POR HP INST.	=3000000
DE EL COSTO DE ENERGIA ELECTRICA, EN PESOS POR KWH	=1.2
DE EL COSTO DE VAPOR, EN PESOS POR KILG	=0.03662
DE EL NUMERO DE AÑOS DE VIDA DE LA TUBERIA	=20
DE EL NUMERO DE AÑOS DE VIDA UTIL DE LA BOMBA	=10
DE EL INTERES ANUAL	=0.36
PORCENTAJE DEL COSTO DE TUBERIA P/MANTENIMIENTO	=0.03
PORCENTAJE DEL COSTO DE BOMBAS P/MANTENIMIENTO	=0.25
PRESION MAXIMA DE TRABAJO A LO LARGO DEL MUCTO	
NINGUNA PRESION DE TRABAJO=0	
DIFERENTES PRESIONES DE TRABAJO=1	
OPCION=0	
PROPORCIONE LA PRESION MAXIMA DE TRABAJO DE LA TUBERIA, EN PSIG	=1000

TABLA 5.A (CONT.)

=====

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO
CALCULADO POR EL PROGRAMA=0
SUNISTRADO AL PROGRAMA=1

OPCION=0

GASTO A LO LARGO DEL DUCTO
GASTO CONSTANTE=0
GASTO VARIABLE=1

OPCION =0

PROPORCIONE EL GASTO EN IPB

=500000

DIAMETROS A LO LARGO DEL DUCTO
MISMO DIAMETRO=0
DIFERENTES DIAMETROS=1

OPCION=0

INDICE	DIAMETRO COMERCIAL (PULG.)
1	8.75
2	10.75
3	12.75
4	14.00
5	16.00
6	18.00
7	20.00
8	22.00
9	24.00
10	26.00
11	30.00
12	36.00
13	42.00
14	48.00

PROPORCIONE EL INDICE DEL DIAMETRO DESEADO A LO LARGO DEL DUCTO
DE EL COSTO DE TUBERIA, EN 1/METRO LINEAL
VER TABLA DE LINEAS DE CONDUCCION

=9

=9700

ESPESOR:
CALCULADO POR EL PROGRAMA=0
SUNISTRADO AL PROGRAMA=1

OPCION=0

TABLA DE REQUISITOS S.A.I

CONDICIONES DE OPERACION

OPCION A

DIAMETRO EXTERNO,PLG	27.312	26.070	30.299	26.070	42.000
DIAMETRO INTERNO,PLG	22.312	29.200	29.180	35.000	40.750
ESPESOR,PLG	0.344	0.375	0.406	0.400	0.625
PESO DE LA TUBERIA,TON	139,081.7	164,234.0	160,350.5	143,907.3	441,955.4
PRESION MAX. DE TRABAJO,PSIG	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0
GASTO,BFD	500,000.00	400,000.00	500,000.00	400,000.00	500,000.00
VELOCIDAD,FT/SEG	11.0	9.3	7.0	6.0	3.6
NUMERO DE REYNOLDS	63,109.3	58,329.4	42,400.3	40,237.7	36,149.9
TIPO DE FLUJO	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.
FACTOR DE FRICCION FANNING	0.0050	0.0050	0.0050	0.0054	0.0056
CAIDA DE PRESION,PSI/KM	24.3	16.8	8.3	3.0	1.7
CAIDA DE PRESION,M/KM	19.1	13.0	6.5	2.7	1.3
DIF. DE ALTURA TOTAL,M	1,406.0	1,406.0	1,406.0	1,406.0	1,406.0
DIF. DE LONGITUD TOTAL,KM	1,074.399	1,074.399	1,074.399	1,074.399	1,074.399
PESO TOTAL DE TUBERIA,TON.	139,081.707	164,234.081	160,350.484	143,907.194	441,955.411

OPCION B

DIAMETRO EXTERNO,PLG	24.000	26.000	30.000	26.000	42.000
DIAMETRO INTERNO,PLG	23.312	25.000	29.180	35.000	40.750
ESPESOR,PLG	0.344	0.375	0.406	0.500	0.625
PRESION MAX. DE TRABAJO,PSIG	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0
GASTO,BFD	600,000.0	600,000.0	600,000.0	600,000.0	600,000.0
VELOCIDAD,FT/SEG.	13.0	11.0	8.4	6.8	4.3
NUMERO DE REYNOLDS	79,807.193	70,007.000	48,001.000	50,000.000	43,370.737
TIPO DE FLUJO	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.
FACTOR DE FRICCION FANNING	0.0048	0.0049	0.0050	0.0050	0.0054
CAIDA DE PRESION,PSI/KM	33.7	23.0	11.9	4.8	2.3
CAIDA DE PRESION,M/KM	26.4	18.0	9.0	3.8	1.8
DIF. DE ALTURA TOTAL,M	1,406.0	1,406.0	1,406.0	1,406.0	1,406.0
DIF. DE LONGITUD TOTAL,KM	1,074.399	1,074.399	1,074.399	1,074.399	1,074.399
PESO TOTAL DE TUBERIA,TON.	139,081.707	164,234.081	216,350.484	308,367.194	441,955.411

OPCION C

DIAMETRO EXTERNO,PLG		26.000	27.000	26.000	42.000
DIAMETRO INTERNO,PLG		25.000	29.180	35.000	40.750
ESPESOR,PLG		0.375	0.406	0.500	0.625
PRESION MAX. DE TRABAJO,PSIG		1,000.0	1,000.0	1,000.0	1,000.0
GASTO,BFD		700,000.0	700,000.0	700,000.0	700,000.0
VELOCIDAD,FT/SEG		30.3	20.1	6.3	3.1

TABLA DE RESULTADOS S.A.I (CONTINUACION)

CONDICIONES DE OPERACION

OPCION C

DIAMETRO EXTERNO, PIG	28.000	28.000	28.000	28.000
NUMERO DE REYNOLDS	81,675.146	70,695.661	59,922.784	50,603.526
TIPO DE FLUJO	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.	F.T.T.P.L.
FACTOR DE FRICCION PANNING	0.0047	0.0040	0.0033	0.0028
CAIDA DE PRESION, PSI/KM	20.3	15.1	6.3	3.1
CAIDA DE PRESION, M/KM	23.7	11.9	5.6	2.4
DIF. TOTAL DE ALTURA, M	1,406.0	1,406.0	1,406.0	1,406.0
DIF. TOTAL DE LONGITUD, KM	1,074.399	1,074.399	1,074.399	1,074.399
PESO TOTAL DE TUBERIA, TON	164,234.881	209,352.484	253,267.194	441,965.411

NOTAS:

F.T.T.P.L. : FLUJO TURBULENTO EN TUBERIA DE PARED LISA

OPCION A :DIAMETRO Y GASTO (500,000 BPD) CONSTANTES

OPCION B: DIAMETRO Y GASTO (600,000 BPD) CONSTANTES

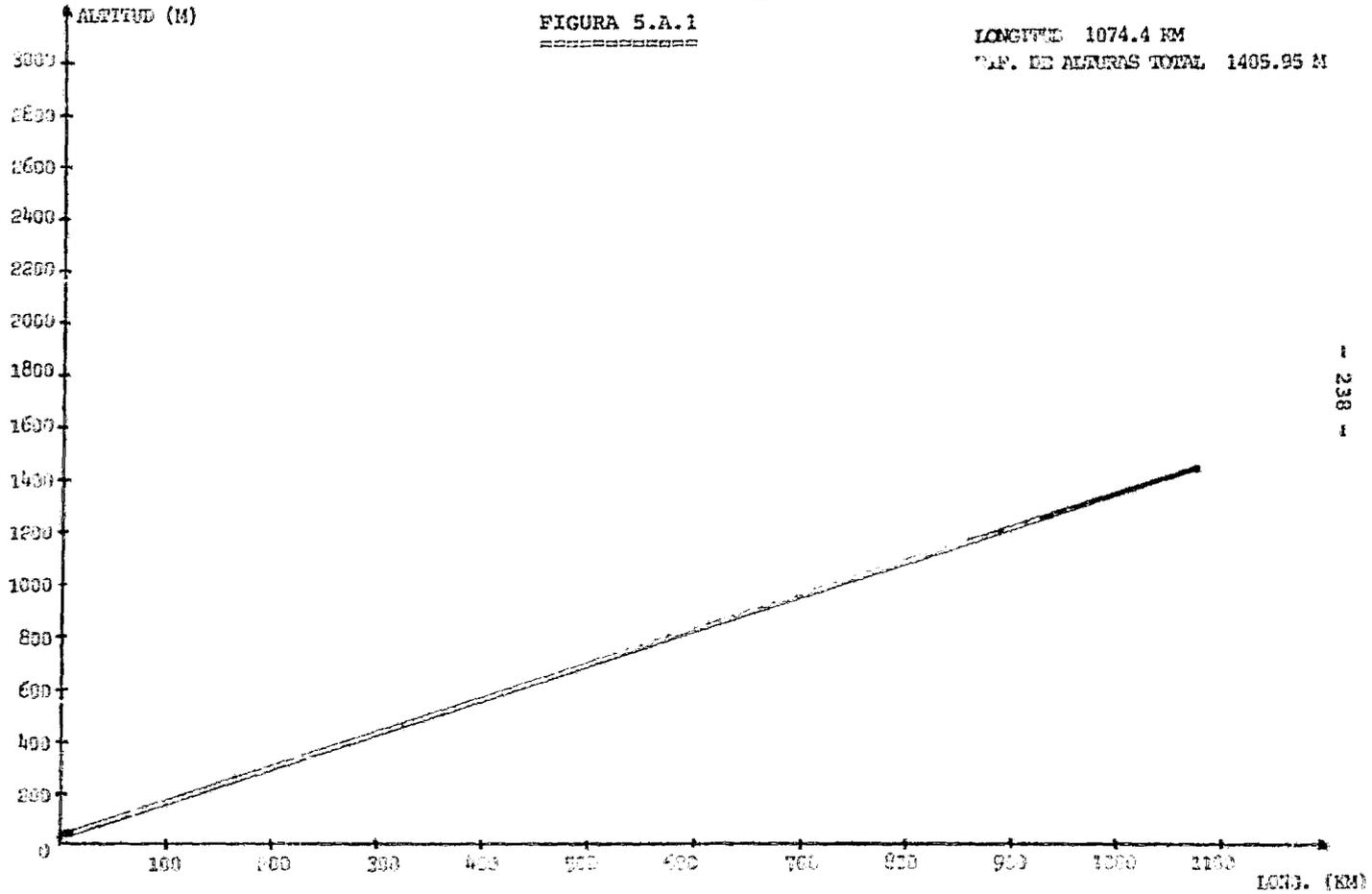
OPCION C :DIAMETRO Y GASTO (700,000 BPD) CONSTANTES

1) LAS CONDICIONES DE OPERACION SE HAN EN ESTA TABLA PARA EL PERFIL HIDRAULICO PAGO EN UN TRAMO, EN EL CASO DE DARSE EL PERFIL POR VARIOS TRAMOS, LO UNICO QUE VARIA ES EL PESO DE LA TUBERIA, DIF. DE ALTURA Y DE LONGITUD YA QUE SON IGUALES PARA CADA TRAMO.

PERFIL HIDRAULICO DE NUEVO TERAPA A GUADALAJARA

FIGURA 5.A.1
=====

LONGITUD 1074.4 KM
DIF. DE ALTURAS TOTAL 1405.95 M



238

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO

T A B L A 5.A.II

OPCIONES: EL PROGRAMA CALCULA LAS ESTACIONES
SE DA LA DIFERENCIA DE LONGITUD Y ALTURA TOTAL (UN TRAMO)
A (DIAMETRO Y GASTO CONSTANTES)

ESTACION	LOCALIZACION									
	KM.	ALTURA (M)								
	D = 24 PLG.		D = 26 PLG.		D = 30 PLG.		D = 36 PLG.		D = 42 PLG.	
1	29.914	73.27	42.553	89.81	77.955	136.14	150.765	231.43	231.548	337.28
2	59.827	112.41	85.105	145.50	155.909	239.16	301.528	428.72	463.296	640.42
3	89.739	151.56	127.657	201.18	233.862	340.17	452.292	626.02	694.943	943.54
4	119.652	190.71	170.209	256.87	311.816	442.19	603.050	823.30	926.590	1246.65
5	149.565	229.85	212.761	312.56	389.770	544.20	753.819	1029.59		
6	179.478	269.00	255.312	368.24	467.724	646.21	904.593	1217.86		
7	209.390	308.15	297.864	423.93	545.677	748.22	1055.347	1415.13		
8	239.303	347.29	340.416	479.61	623.631	850.23				
9	269.210	386.44	382.968	535.30	701.595	952.23				
10	299.129	425.58	425.520	590.98	779.539	1054.24				
11	329.042	464.73	468.072	546.67	857.493	1156.24				
12	358.954	503.87	510.624	702.35	395.446	1258.24				
13	388.867	543.02	553.176	759.03	013.400	1360.24				
14	418.780	582.16	595.728	813.71						
15	448.693	621.31	638.280	869.39						
16	478.605	660.45	690.831	925.09						
17	508.518	699.59	723.383	980.76						
18	538.431	738.74	765.935	1036.44						
19	568.344	777.88	809.487	1092.12						
20	598.257	817.02	851.039	1147.80						
21	628.169	856.17	893.591	1203.47						
22	658.032	895.31	936.143	1259.15						
23	687.995	934.45	978.695	1214.83						
24	717.908	973.59	1021.247	1370.51						
25	747.820	1012.73	1063.799	1426.19						

HOJA No. 2

ESTACION	LOCALIZACION									
	KM.	ALTURA (M)								
	D = 24 PLG.		D = 26 PLG.		D = 30 PLG.		D = 36 PLG.		D = 42 PLG.	
26	777.733	1051.87								
27	807.646	1091.02								
28	837.559	1130.16								
29	867.472	1169.30								
30	897.384	1208.44								
31	927.297	1539.05								
32	957.210	1206.72								
33	987.123	1325.86								
34	1017.035	1365.00								
35	1046.948	1404.14								

- 241 -
NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO

TABLA S.A. III

OPCIONES: 1) B

2) EL PROGRAMA CALCULA LAS ESTACIONES

3) SE DA LA DIF. DE LONGITUD Y ALTURA TOTAL (UN TRAMO)

ESTACION	LOCALIZACION		LOCALIZACION	
	KM	ALTURA(M)	KM	ALTURA(M)
	D = 24 PIG		D = 26 PIG	
1	22.066	62.91	31.546	75.40
2	43.459	51.70	63.093	116.69
3	65.958	120.49	94.636	157.97
4	87.957	145.26	126.181	199.25
5	109.956	170.07	157.725	240.53
6	131.955	208.86	189.270	281.82
7	153.954	235.65	220.815	323.10
8	175.954	264.44	252.360	364.38
9	197.953	293.23	283.905	405.66
10	219.952	322.02	315.450	446.94
11	241.951	350.81	346.995	488.22
12	263.950	379.60	378.540	529.50
13	285.949	408.39	410.085	570.78
14	307.948	437.18	441.630	612.06
15	329.947	465.97	473.174	653.34
16	351.946	494.75	504.719	694.62
17	373.945	523.54	536.264	735.90
18	395.944	552.33	567.809	777.18
19	417.943	581.12	599.354	818.46
20	439.942	609.91	630.899	859.74
21	461.941	638.70	662.444	901.02
22	483.940	667.48	693.989	942.29
23	505.939	696.27	725.534	983.57
24	527.938	725.06	757.079	1024.85
25	549.937	753.85	788.623	1066.12
26	571.936	782.63	820.168	1107.40
27	593.935	811.42	851.713	1148.68
28	615.934	840.21	883.258	1189.95
29	637.933	868.99	914.803	1231.23
30	659.932	897.78	946.348	1272.51
31	681.931	926.57	977.892	1313.78
32	703.930	955.36	1009.437	1355.06
33	725.929	984.14	1040.982	1396.33
34	747.928	1012.93	1072.527	1437.61
35	769.927	1041.71		
36	791.926	1070.50		
37	813.925	1099.29		
38	835.924	1128.07		
39	857.923	1156.86		
40	879.922	1185.64		
41	901.921	1214.43		
42	923.920	1243.21		
43	945.919	1272.00		
44	967.918	1300.78		
45	989.917	1329.57		
46	1011.916	1358.35		
47	1033.915	1387.14		
48	1055.914	1415.92		

A P F
DOZCO
STANLEY RIZZO

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO

T A B L A 5.A.III

- OPCIONES: 1) B
 2) EL PROGRAMA CALCULA LAS ESTACIONES
 3) SE DA LA DIF. DE LONGITUD Y ALTURA TOTAL (UN TRAMO)

<u>ESTACION</u>	<u>LOCALIZACION</u>		<u>ESTACION</u>	<u>LOCALIZACION</u>		<u>ESTACION</u>	<u>LOCALIZACION</u>	
	<u>KM.</u>	<u>ALTURA (M)</u>		<u>KM.</u>	<u>ALTURA (M)</u>		<u>KM.</u>	<u>ALTURA (M)</u>
	D = 30 PLG.			D = 36 PLG.			D = 42 PLG.	
1	59.095	111.46	1	119.703	190.09	1	194.375	289.50
2	118.190	188.79	2	129.566	347.64	2	328.750	542.86
3	177.284	266.13	3	359.438	504.39	3	683.124	797.22
4	236.378	343.47	4	479.130	651.14	4	777.499	1051.57
5	354.567	498.13	5	598.913	817.88	5	971.873	1305.91
6	354.567	498.13	6	718.695	974.62			
7	413.662	575.46	7	838.477	1131.36			
8	472.756	652.80	8	958.260	1288.09			
9	531.850	730.13						
10	590.945	807.45						
11	650.039	884.78						
12	709.133	962.11						
13	768.228	1039.44						
14	827.322	1116.76						
15	886.417	1194.09						
16	945.511	1271.41						
17	1004.605	1248.73						
18	1063.700	1426.06						

1
242
1

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE HOMBEC

TABLA 5.A.IV

- OPCIONES: 1) C DIAMETRO Y GASTO (700,000 BPD) CONSTANTES
 2) EL PROGRAMA CALCULA LAS ESTACIONES
 3) SE DA LA DIF. DE LONGITUD Y ALTURA TOTAL (UN TRAMO)

ESTACION	LOCALIZACION		ESTACION	LOCALIZACION	
	KM	ALTURA (M)		KM	ALTURA (M)
	D = 26 PLG			D = 30 PLG	
1	24.351	65.99	1	46.365	94.72
2	48.701	97.86	2	92.610	155.32
3	73.052	129.72	3	138.914	215.92
4	97.402	161.59	4	185.218	276.51
5	121.752	193.46	5	231.523	337.11
6	146.102	225.32	6	277.827	397.71
7	170.453	257.19	7	324.131	458.30
8	194.803	289.06	8	370.436	518.90
9	219.153	320.92	9	416.740	579.49
10	243.503	352.79	10	463.044	640.09
11	267.854	384.66	11	509.349	700.68
12	292.204	416.52	12	555.653	761.27
13	316.554	448.39	13	601.957	821.87
14	340.904	480.25	14	648.262	882.46
15	365.255	512.12	15	694.566	943.05
16	389.605	543.98	16	740.870	1003.64
17	413.955	575.85	17	787.175	1064.23
18	438.305	607.71	18	833.479	1124.82
19	462.656	639.58	19	879.783	1185.41
20	487.006	671.44	20	926.088	1246.00
21	511.356	703.31	21	972.392	1306.59
22	535.706	735.17	22	1018.696	1367.17
23	560.057	767.04	23	1065.000	1427.76
24	584.407	798.90			
25	608.757	830.76			
26	633.107	862.63			
27	657.458	894.49			
28	681.808	926.35			
29	706.158	958.22			
30	730.508	990.08			
31	754.859	1021.94			
32	779.209	1053.81			
33	803.559	1085.67			
34	827.909	1117.53			
35	852.260	1149.39			
36	876.610	1181.26			
37	900.960	1213.12			
38	925.310	1244.98			
39	949.661	1276.84			
40	974.011	1308.70			
41	998.361	1340.56			
42	1022.711	1372.43			
43	1047.061	1404.29			
44	1071.412	1436.15			

A
10
700

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO

TABLA 5.A.IV (CONT.)

- OPCIONES: 1) C DIAMETRO Y GASTO (700,000 BPD) CONSTANTES
 2) EL PROGRAMA CALCULA LAS ESTACIONES
 3) SE DA LA DIF. TOTAL DE LONGITUD Y ALTURA (UN TRAMO)

ESTACION	LOCALIZACION		ESTACION	LOCALIZACION	
	KM	ALTURA (M)		KM	ALTURA (M)
D = 36 PLG.			D = 42 PLG.		
1	97.031	161.10	1	164.220	249.03
2	194.062	288.09	2	328.438	463.94
3	291.092	415.07	3	492.657	678.84
4	388.123	542.04	4	656.875	893.73
5	485.153	669.02	5	821.094	1108.61
6	582.184	795.99	6	985.312	1323.49
7	679.214	922.96			
8	776.245	1049.93			
9	873.275	1176.89			
10	970.305	1303.85			
11	1067.336	1430.81			

CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES

(EN MILLONES DE PESOS)

TABLA 5.A.V

- 1) EL PROGRAMA CALCULA EL NUMERO Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO
 2) SE DA LA ALTURA Y DISTANCIA INICIAL Y FINAL.

OPCION (A) DIAMETRO Y GASTO (500 MBPD) CONSTANTE

DIAMETRO EXTERNO, PIG.	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
NUMERO DE ESTACIONES	35	29	19	7	4
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	335,981.2	243,375.1	131,048.3	74,894.7	46,803.9
COSTOS FIJOS:					
COSTO TUBERIA	14,590.338	16,545.745	18,049.903	22,562.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	10,109.437	7,391.954	3,931.448	2,046.548	1,434.088
COSTO MANT. TUBERIA	437.710	496.372	541.497	676.871	861.833
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	2,927.359	1,425.315	582.852	561.635	351.628
COSTOS VARIABLES:					
COSTO INVENTARIO	5,582.670	6,549.486	8,791.714	12,584.053	17,058.454
COSTO DE OPERACION	1,281.941	861.343	491.959	247.427	149.157
DEPRECIACION TUBERIA	182.379	226.822	281.624	282.033	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,010.944	733.126	393.165	224.654	149.409
COSTO TOTAL = C.F. + C.V.	35,642.793	34,616.169	33,328.198	39,396.719	49,049.569

OPCION (B) DIAMETRO Y GASTO (600 MBPD) CONSTANTE

DIAMETRO EXTERNO, PIG	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
NUMERO DE ESTACIONES	48	34	18	3	5
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	544,703.6	399,571.9	211,216.4	106,047.1	65,603.0
COSTOS FIJOS:					
COSTO TUBERIA	14,590.338	16,545.745	18,049.903	22,562.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	15,341.919	11,627.155	6,325.314	3,091.412	2,089.041
COSTO MANT. TUBERIA	437.710	496.372	541.497	676.871	861.833
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	4,085.295	2,718.039	1,584.079	750.353	500.239
COSTOS VARIABLES:					
COSTO INVENTARIO	5,582.670	6,549.486	8,791.714	12,584.053	17,058.454
COSTO DE OPERACION	1,953.679	1,386.993	739.169	334.323	212.868
DEPRECIACION TUBERIA	182.379	226.822	281.624	282.033	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,634.102	1,167.216	633.631	389.141	200.234
COSTO TOTAL = C.F. + C.V.	40,897.172	40,943.739	36,861.932	40,491.919	49,903.623

CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES

(EN MILLONES DE PESOS)

TABLA 5.A.V (CONT.)

- 1) EL PROGRAMA CALCULA EL NUMERO Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO
- 2) SE DA LA ALTURA Y DISTANCIA INICIAL Y FINAL

OPCION (C) DIAMETRO Y GASTO (700 MBPD) CONSTANTE

	20.000	30.000	35.000	40.000
DIAMETRO EXTERNO, PIG	44	23	11	6
NUMERO DE ESTACIONES				
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	570,877.7	309,841.4	154,428.7	98,078.8
<u>COSTOS FIJOS:</u>				
COSTO TUBERIA	16,549.749	18,049.983	22,562.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	17,372.331	9,265.243	4,632.622	2,702.363
COSTO MANT. TUBERIA	496.372	541.497	676.871	861.893
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	4,343.683	2,316.311	1,158.156	675.591
<u>COSTOS VARIABLES:</u>				
COSTO INVENTARIO	6,549.486	8,751.714	12,584.063	17,059.454
COSTO DE OPERACION	2,074.171	1,089.983	527.686	293.283
DEPRECIACION TUBERIA	206.822	229.624	282.030	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,737.233	926.524	463.262	270.235
<u>COSTO TOTAL = C.F. + C.V.</u>	<u>49,325.213</u>	<u>41,166.739</u>	<u>42,885.979</u>	<u>50,950.357</u>

PERFIL HIDRAULICO

DIFERENCIAS DE ALTURAS Y DISTANCIAS POR TRAMO

TABLA 5.A.VI

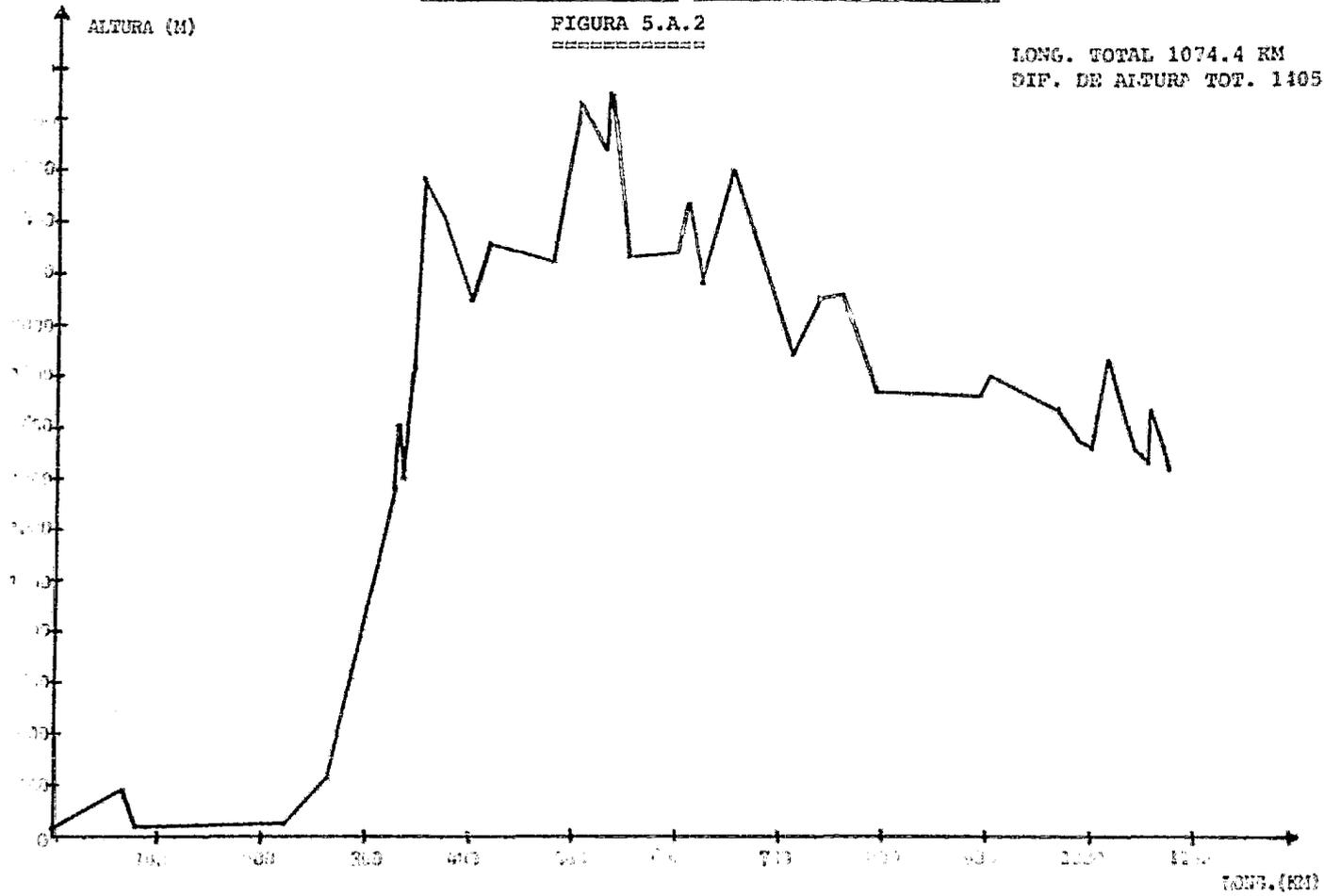
=====

TRAMO	LONGITUD DEL TRAMO (KNI)	DIFERENCIA DE ALTURAS EN EL TRAMO (METROS)
1	66.399	155.40
2	13.400	-138.05
3	144.000	-2.37
4	42.030	131.47
5	61.970	1133.13
6	2.123	254.15
7	5.877	-281.04
8	12.133	433.20
9	3.867	764.92
10	20.000	152.35
11	20.000	-341.48
12	32.000	244.79
13	48.807	-85.88
14	27.193	620.77
15	20.000	-180.64
16	6.694	216.87
17	17.300	-643.76
18	48.000	10.74
19	11.800	130.63
20	15.624	-297.52
21	29.366	437.52
22	56.310	-720.00
23	24.000	220.00
24	24.000	10.00
25	32.000	-370.00
26	104.000	-10.00
27	8.000	70.00
28	64.000	-120.00
29	8.000	-130.00
30	24.000	-20.00
31	16.000	330.00
32	14.000	-40.00
33	14.000	-80.00
34	2.000	200.00
35	16.000	-10.00
36	2.400	-110.00

PERFIL HIDRAULICO NUEVO TEAPA A GUADALAJARA

FIGURA 5.A.2
=====

LONG. TOTAL 1074.4 KM
DIF. DE ALTURA TOT. 1405.95 M



NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO
 =====

TABLA 5.A.VII (CONT.)
 =====

OPCIONES: (A) GASTO (500 MBPD) Y DIAMETRO CTE.
 EL PROGRAMA CALCULA EL N° Y LOC. DE LAS ESTAC.
 SE DA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)

ESTACION	LOCALIZACION		ESTACION	LOCALIZACION	
	KM	ALTURA (M)		KM	ALTURA (M)
D = 24 PIG			D = 26 PIG.		
1	28.474	100.76	1	39.698	127.03
2	58.948	167.40	2	92.333	51.27
3	94.993	51.22	3	130.215	50.50
4	126.203	50.70	4	160.098	49.72
5	158.973	50.17	5	230.738	73.19
6	190.963	49.64	6	265.912	230.06
7	222.954	49.12	7	285.453	585.73
8	249.210	157.97	8	304.940	942.07
9	271.827	336.57	9	324.428	1298.32
10	288.155	635.15	10	343.965	1654.04
11	304.483	933.71	11	349.982	2185.88
12	320.811	1232.26	12	402.566	2110.79
13	339.661	1482.64	13	432.135	2339.69
14	349.645	1921.39	14	462.513	2289.37
15	351.459	2477.92	15	499.425	2679.18
16	402.627	2111.24	16	532.861	2652.65
17	425.447	2265.80	17	610.506	2451.97
18	457.096	2291.77	18	651.319	2530.31
19	485.535	2359.04	19	733.156	2073.93
20	500.016	2692.80	20	805.762	1738.74
21	529.410	2741.85	21	852.873	1734.26
22	565.728	2276.85	22	898.462	1791.97
23	607.436	2434.45	23	947.763	1718.00
24	642.927	2401.17	24	1003.487	1601.89
25	682.599	2258.07	25	1054.830	1543.08
26	727.107	2018.54			
27	754.399	2107.72			
28	805.687	1738.74			
29	837.811	1735.65			
30	869.935	1732.56			
31	900.135	1766.23			
32	933.192	1745.32			
33	971.646	1617.56			
34	1004.034	1613.26			
35	1041.131	1515.21			
36	1076.957	1527.91			

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO

T A B L A 5.A.VII

OPCIONES: (A) GASTO (500,000 BPD) Y DIAMETRO CONSTANTES
 EL PROGRAMA CALCULA EL No. Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO
 SE DA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)

ESTACION	LOCALIZACION		ESTACION	LOCALIZACION		ESTACION	LOCALIZACION	
	KM.	ALTURA (M)		KM	ALTURA (M)		KM	ALTURA (M)
	D = 30 PLG.			D = 36 PLG.			D = 42 PLG.	
1	90.965	51.29	1	217.261	49.21	1	269.145	287.54
2	184.797	49.75	2	280.080	87.49	2	300.269	856.65
3	256.787	190.66	3	309.111	1018.32	3	328.550	1429.47
4	286.597	606.66	4	329.741	1572.12	4	349.106	2012.50
5	311.202	1056.56	5	349.669	2127.75	5	488.932	2437.33
6	329.534	1547.34	6	485.800	2365.14			
7	349.192	2029.45	7	532.655	2847.00			
8	415.335	2208.45						
9	485.601	2360.55						
10	506.239	2836.22						
11	649.930	2509.62						
12	862.597	1733.27						
13	962.892	1689.65						

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO

TABLA 5.A.VIII

OPCIONES: (B) GASTO (600 MBPD) Y DIAMETRO CTE.
SE DA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)
EL PROGRAMA CALCULA EL N° Y LA LOCAL. DE LAS ESTAC.

ESTACION	L O C A L I Z A C I O N		L O C A L I Z A C I O N	
	KM	ALTURA(M)	KM	ALTURA(M)
	D = 24 PIG		D = 26 PIG.	
1	21.211	83.76	29.445	104.21
2	42.422	133.40	59.896	174.36
3	63.632	183.04	100.357	211.13
4	91.704	51.78	134.421	21.57
5	114.806	50.90	166.266	50.02
6	137.909	50.52	202.149	49.48
7	161.011	50.14	233.684	90.91
8	184.113	49.76	260.984	208.78
9	207.216	49.38	279.727	481.74
10	228.428	72.54	296.530	789.28
11	249.639	158.23	312.333	1095.51
12	268.156	269.45	328.563	1431.09
13	281.804	515.02	345.657	1724.42
14	295.452	768.56	360.354	2258.65
15	309.101	1018.13	375.826	2527.06
16	322.749	1287.68	419.172	2227.60
17	336.861	1451.55	449.247	2302.58
18	348.091	1618.39	483.156	2564.20
19	358.847	2255.93	498.009	2646.54
20	370.625	2443.02	528.390	2708.81
21	405.457	2132.80	560.166	2276.95
22	423.333	2265.66	610.396	2450.16
23	444.803	2313.40	645.003	2436.21
24	469.526	2269.88	703.865	1984.35
25	487.521	2404.88	722.808	2071.52
26	499.814	2669.06	772.770	1962.40
27	519.907	2769.28	819.074	1727.45
28	581.829	2271.49	853.066	1724.18
29	584.722	2276.63	867.103	1730.91
30	604.744	2257.68	918.627	1772.64
31	622.122	2246.25	956.366	1701.84
32	646.867	2464.27	959.724	1520.29
33	673.208	2378.61	1015.682	1652.08
34	714.351	1901.80	1062.760	1613.45
35	731.493	2056.74		
36	752.755	2107.03		
37	787.925	1766.79		
38	812.496	1738.63		
39	838.002	1735.82		
40	869.235	1733.59		
41	882.497	1731.36		
42	902.171	1742.61		
43	927.463	1755.69		
44	942.513	1709.49		
45	981.801	1545.22		
46	1003.069	1593.34		
47	1016.143	1698.03		
48	1034.000	1466.05		

NUMERO Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

T A B L A 5.A.VIII

OPCIONES: (B) GASTO (600 MBPD) Y DIAMETRO CTE.
 SE DA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)
 EL PROGRAMA CALCULA EL N° Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO

ESTACION	LOCALIZACION		ESTACION	LOCALIZACION		ESTACION	LOCALIZACION	
	KM.	ALTURA (M)		KM.	ALTURA (M)		KM.	ALTURA (M)
	D = 30 PLG.			D = 36 PLG.			D = 42 PLG.	
1	53.729	159.86	1	156.926	50.20	1	254.100	179.09
2	133.510	50.59	2	266.793	244.52	2	292.727	718.74
3	201.301	49.47	3	294.446	750.18	3	323.068	1273.52
4	254.440	180.53	4	322.100	1255.81	4	340.222	1837.75
5	282.723	535.81	5	346.929	1772.09	5	351.279	2442.41
6	305.076	944.55	6	350.900	2367.32	6	503.532	2773.83
7	327.430	1253.26	7	409.589	2452.44			
8	347.248	1784.82	8	534.109	2894.09			
9	350.875	2362.37	9	1008.614	1707.72			
10	426.305	2292.37						
11	485.829	2365.80						
12	504.859	2804.41						
13	610.898	2458.38						
14	727.221	2019.59						
15	826.248	1736.76						
16	894.644	1730.19						
17	967.836	1680.36						
18	1015.872	1857.41						

Nº Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO

T A B L A S.A.IX

OPCIONES: (C) GASTO (700.000 BPD) Y DIAMETRO CONSTANTES
 EL PROGRAMA CALCULA EL Nº Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES
 SE SUMINISTRA AL PROGRAMA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)

ESTACION	LOCALIZACION		LOCALIZACION		LOCALIZACION		LOCALIZACION	
	KM.	ALTURA (M)						
	D = 26 PLG.		D = 30 PLG.		D = 36 PLG.		D = 42 PLG.	
1	23.389	88.86	42.945	134.62	119.165	50.83	232.319	85.02
2	46.777	143.59	101.385	51.12	233.658	90.80	284.570	569.59
3	73.619	116.24	152.864	50.27	279.325	473.69	314.066	1103.92
4	102.052	51.11	204.434	49.42	305.550	953.37	343.804	1647.62
5	127.761	50.68	247.304	149.72	328.703	1448.39	350.268	2242.33
6	153.470	50.26	276.216	416.83	348.833	1958.43	492.128	2511.00
7	179.180	49.84	296.455	786.91	351.842	2553.68	1015.993	1859.91
8	204.889	49.41	316.694	1156.97	490.493	2473.32		
9	229.580	73.19	330.047	1603.76	533.365	2870.00		
10	251.321	167.06	349.012	1993.90	884.525	1731.16		
11	270.725	316.43	351.922	2569.59	1009.224	1720.29		
12	285.243	581.90	426.536	2294.13				
13	299.761	847.36	481.096	2256.71				
14	314.279	1112.81	498.571	2659.50				
15	328.233	1391.63	533.055	2860.27				
16	343.559	1637.88	634.003	2272.33				
17	349.575	2105.25	715.643	1913.45				
18	356.519	2550.55	750.811	2105.22				
19	401.174	2100.12	833.399	1736.07				
23	420.607	2248.78	885.227	1731.09				

1
253
1

HOJA No. 2

ESTACION	LOCALIZACION		LOCALIZACION		LOCALIZACION		LOCALIZACION	
	KM.	ALTURA (M)						
	D = 26 PLG.		D = 30 PLG.		D = 36 PLG.		D = 42 PL.	
21	443.479	2315.73	935.857	1740.32				
22	471.226	2266.91	1001.818	1567.55				
23	489.344	2446.81	1054.879	1547.92				
24	502.382	2747.34						
25	528.942	2726.71						
26	573.687	2274.15						
27	599.138	2279.86						
28	628.561	2191.24						
29	644.349	2426.47						
30	670.676	2411.36						
31	716.860	1924.61						
32	735.398	2094.53						
33	769.849	2100.23						
34	801.743	1739.12						
35	827.539	1736.64						
36	853.335	1734.16						
37	879.131	1731.68						
38	902.497	1786.91						
39	929.661	1751.94						
40	957.554	1699.64						
41	990.035	1538.26						
42	1003.605	1707.53						
43	1042.670	1508.42						
44	1064.424	1602.14						

CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES

(EN MILLONES DE PESOS)

TABLA 5.A.X

- 1) EL PROGRAMA CALCULA EL NUMERO Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO
 2) SE DA EL PERFIL HIDRAULICO

OPCION (A) DIAMETRO Y GASTO (500 MBPD) CONSTANTES

	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
DIAMETRO EXTERNO, PIG	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
NUMERO DE ESTACIONES	36	25	13	7	5
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	346,341.8	243,375.3	131,048.3	74,884.7	56,163.5
COSTOS FIJOS:					
COSTO TUBERIA	14,590.338	16,549.745	19,049.903	22,562.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	10,390.294	7,301.260	3,931.448	2,246.540	1,604.906
COSTO MANT. TUBERIA	437.710	496.372	541.497	676.871	861.883
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	2,597.564	1,825.315	982.862	561.635	421.227
COSTOS VARIABLES:					
COSTO INVENTARIO	5,582.690	6,549.486	8,751.714	12,584.093	17,058.454
COSTO DE OPERACION	1,236.031	861.043	451.969	247.427	179.247
DEPRECIACION TUBERIA	182.379	206.822	225.624	282.030	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,039.028	730.126	393.145	224.654	169.491
COSTO TOTAL = C.F. + C.V.	36,055.991	34,516.169	33,328.158	39,285.210	49,462.795

1
255
1

OPCION (B) DIAMETRO Y GASTO (600 MBPD) CONSTANTES

	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
DIAMETRO EXTERNO, PIG	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
NUMERO DE ESTACIONES	48	34	18	9	6
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	544,700.6	389,071.9	211,210.4	111,163.4	77,814.4
COSTOS FIJOS:					
COSTO TUBERIA	14,590.338	16,549.745	19,049.903	22,562.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	16,341.019	11,672.156	6,335.314	3,334.932	2,334.431
COSTO MANT. TUBERIA	437.710	496.372	541.497	676.871	861.883
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	4,685.255	2,918.039	1,584.079	833.726	583.608
COSTOS VARIABLES:					
COSTO INVENTARIO	5,582.690	6,549.486	8,751.714	12,584.093	17,058.454
COSTO DE OPERACION	1,953.679	1,286.933	739.160	374.204	253.352
DEPRECIACION TUBERIA	182.379	206.822	225.624	282.030	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,634.102	1,167.216	632.631	333.450	233.443
COSTO TOTAL = C.F. + C.V.	40,887.172	40,942.739	36,861.922	40,982.295	50,413.728

CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES

(EN MILLONES DE PESOS)

TABLA 5.A.X (CONT.)

- 1) EL PROGRAMA CALCULA EL NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO
2) SE DA EL PERFIL HIDRAULICO

OPCION (C) DIAMETRO Y GASTO (700 MBPD) CONSTANTES

	21.000	22.000	23.000	42.000
DIAMETRO EXTERNO, PIG	24	23	11	7
NUMERO DE ESTACIONES	44	23	11	7
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	579,877.7	259,841.4	154,422.7	102,947.1
<u>COSTOS FIJOS:</u>				
COSTO TUBERIA	16,945.748	19,270.503	22,562.379	28,729.429
COSTO SISTEMA DE BOMBEO	17,372.331	7,255.343	4,632.630	3,033.414
COSTO MANT. TUBERIA	496.372	541.497	676.871	861.283
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	4,343.833	2,316.311	1,153.156	772.104
<u>COSTOS VARIABLE:</u>				
COSTO INVENTARIO	6,949.426	8,751.714	12,984.053	17,058.454
COSTO DE OPERACION	2,074.141	1,689.983	527.606	340.148
DEPRECIACION TUBERIA	225.822	229.624	232.030	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,731.233	626.124	463.142	308.841
<u>COSTO TOTAL = C.F. + C.V.</u>	<u>40,325.213</u>	<u>41,213.799</u>	<u>42,885.979</u>	<u>51,918.331</u>

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES SUMINISTRADAS AL

PROGRAMA

TABLA 5.A.XI

<u>NUMERO</u>	<u>LOCALIZADA AL FINAL DEL TRAMO</u>
1	4
2	6
3	8
4	11
5	13
6	16
7	20
8	23
9	26
10	31
11	36

NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO SUMINISTRADAS AL PROGRAMA

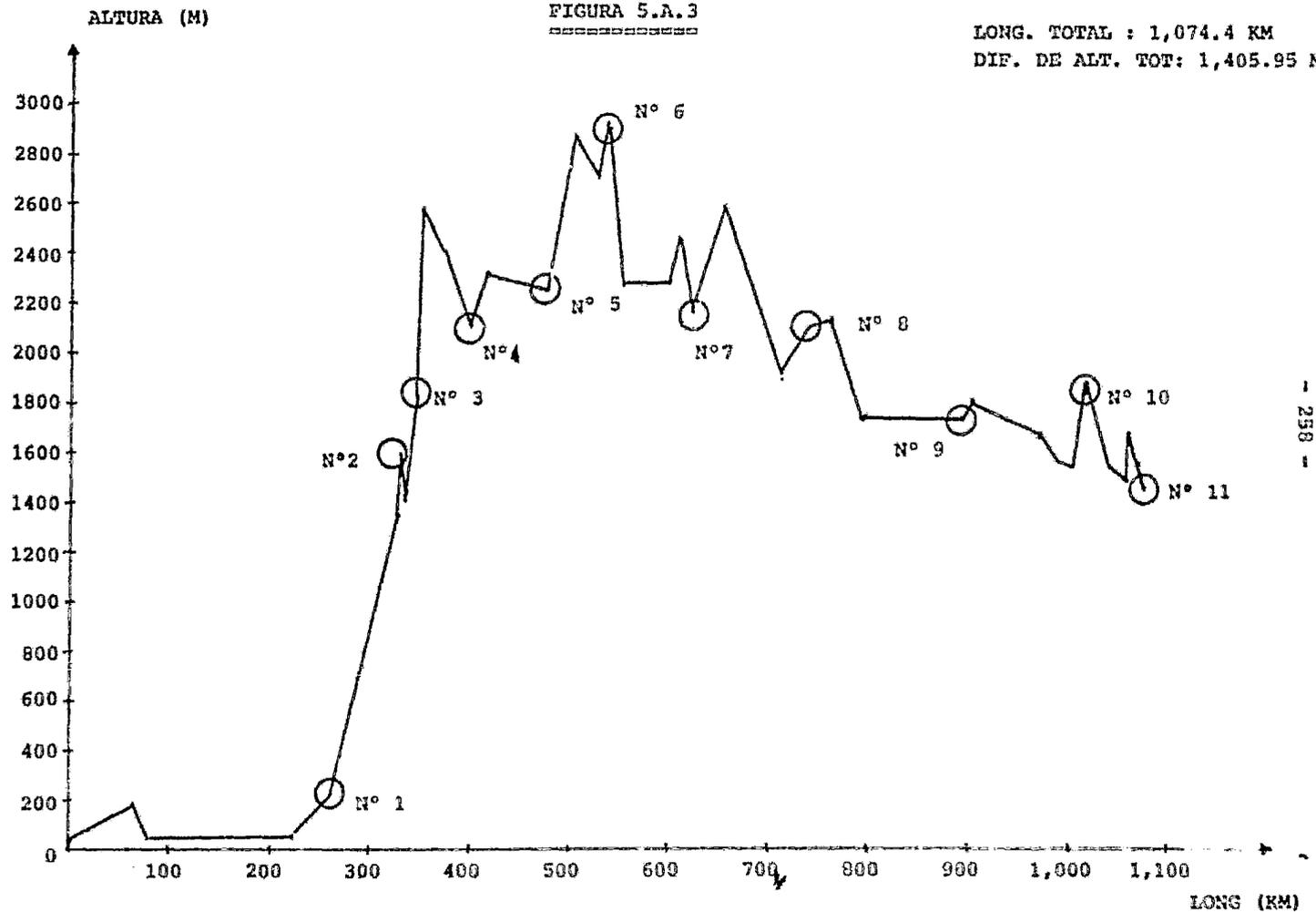
=====

FIGURA 5.A.3

=====

LONG. TOTAL : 1,074.4 KM

DIF. DE ALT. TOT: 1,405.95 M



258

EFICIENCIA Y CONSUMO DE POTENCIA POR ESTACION Y TOTAL

TABLA 5.A.XII

OPCIONES: **A** :GASTO (500,000 BPD) Y DIAMETRO CONSTANTE
 EL NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO SON FIJADAS.
 SE DA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)

ESTACION Nº EFIC.	D = 24 PIG.		D = 26 PIG.		D = 30 PIG.		D = 36 PIG.		D = 42 PIG.	
	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH
1 0.788	69798.14	52649.61	47649.48	35539.31	33839.69	17774.35	13214.62	7467.92	4847.82	3519.03
2 0.788	27843.53	20762.93	19706.49	14173.16	9319.41	7009.49	3974.93	2979.07	1933.87	1442.89
3 0.788	5282.20	3939.62	3639.79	2689.85	2613.86	1349.16	797.93	969.17	366.88	273.58
4 0.788	16791.71	12521.61	11468.20	8547.67	5734.28	4276.86	2439.27	1796.60	1166.27	869.69
5 0.788	20547.74	15289.10	10437.19	7821.64	5748.93	4269.77	2596.02	1994.41	1382.73	1048.56
6 0.788	26943.87	20392.13	18132.30	13719.21	9721.18	6861.34	3965.90	2892.81	1871.39	1395.49
7 0.788	20378.64	15297.76	11349.10	8372.97	5837.42	4333.88	2713.69	2069.84	1497.39	1149.32
8 0.788	20796.30	15469.27	10397.39	7694.28	5297.76	3921.48	2769.61	2029.93	1477.86	1099.61
9 0.788	48976.15	36999.63	26041.10	19692.69	13489.33	9943.75	6324.69	4669.22	3393.01	2509.39
10 0.788	95793.97	72829.63	48119.11	35924.11	21999.97	16416.12	10933.44	8133.09	6131.93	4543.92
11 0.788	19919.93	14950.93	12911.10	9728.10	6699.91	4978.10	3097.34	2327.40	1694.69	1210.39
TOTAL	39441.9	29721.2	20009.7	14973.8	11199.4	8297.3	5174.7	3524.9	2594.1	1964.0

EFICIENCIA Y CONSUMO DE POTENCIA POR ESTACION Y TOTAL

TABLA 5.A.XIII

OPCIONES: (B) GASTO (600,000 BPD) y DIAMETRO CONSTANTE
 EL NUMERO Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO SON FIJADAS
 SE DA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)

ESTACION Nº EFIC.	D = 24 PIG.		D = 25 PIG.		D = 30 PIG.		D = 36 PIG.		D = 42 PIG.	
	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH
1 0.795	114833.41	86631.90	78363.51	58499.83	39180.99	29217.34	18499.02	12766.31	7549.97	5932.72
2 0.796	45828.80	34159.71	31281.39	23310.94	16079.89	11655.24	6982.16	4993.42	3173.76	2365.69
3 0.796	8690.36	6429.57	5930.53	4422.41	2665.21	2211.16	1744.93	928.39	622.11	449.99
4 0.796	27626.08	20600.83	18952.32	14058.21	9425.93	7228.97	3957.47	2951.09	1914.01	1427.23
5 0.796	46967.37	35023.66	32951.01	23900.50	16329.19	11950.02	6728.13	5017.18	3254.02	2426.53
6 0.796	44328.64	33055.96	32290.32	22557.72	15124.87	11278.64	6359.13	4735.30	3071.21	2290.20
7 0.796	42576.11	31749.09	29054.38	21665.91	14626.50	10832.74	6099.08	4548.09	2949.79	2199.66
8 0.796	53957.20	40235.99	36820.94	27497.46	18410.11	13728.46	7729.43	5763.85	3739.30	2787.66
9 0.796	79424.99	59227.38	54200.43	40417.37	27093.69	20200.29	11377.72	8494.39	5582.78	4103.43
10 0.796	96691.30	72102.89	65993.13	49203.75	30990.52	24501.40	13951.10	10228.02	6699.83	4995.48
11 0.796	32101.93	23923.47	21906.09	16335.42	10452.25	8167.11	4997.90	3423.03	2223.00	1658.14
TOTAL	593316.40	442217.10	406473.20	301769.00	203831.10	149874.40	84443.10	62347.00	41224.00	30926.80

-260-

EFICIENCIA Y CONSUMO DE POTENCIA POR ESTACION Y TOTAL

TABLA 5.A.XIV

OPCIONES: (A) GASTO (700,000 BPD) Y DIAMETRO CONSTANTE
 EL NUMERO Y LOCALIZACION DE ESTACIONES SON FIJADAS
 SE DA EL PERFIL HIDRAULICO (36 TRAMOS)

ESTACION Nº EPIC.	D = 24 PIG.		D = 26 PIG.		D = 28 PIG.		D = 30 PIG.		D = 36 PIG.	
	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH	POTENCIA EN: BHP	KWH
1 0.802	175195.67	130643.04	119624.77	89177.69	57733.67	44543.48	25471.52	18599.51	14111.83	6034.81
2 0.802	69887.81	50115.48	47682.85	35565.05	22818.65	17769.87	9398.47	7019.14	4844.24	2604.12
3 0.802	13258.68	9687.03	9045.60	6745.32	4538.62	3371.24	1806.84	1416.46	906.22	553.75
4 0.802	42147.51	31427.48	28784.71	21442.45	14317.43	10712.95	6829.79	4838.41	3214.77	2173.53
5 0.802	71655.37	53433.55	42885.15	32454.50	20431.31	15312.48	10051.23	7644.41	4951.47	3075.55
6 0.802	67629.62	50431.55	40139.63	30266.41	20058.71	15192.40	9877.95	7314.92	4974.63	3001.57
7 0.802	60955.89	45037.74	34315.93	25345.12	16147.25	12215.17	7922.84	6029.69	4422.12	2809.72
8 0.802	82319.35	61384.93	48011.64	35919.78	22017.33	16974.41	11774.93	8722.73	5922.65	4245.22
9 0.802	121174.05	90359.75	62669.79	46607.33	29315.00	22202.67	17335.64	12921.22	8379.08	6248.96
10 0.802	147516.27	110023.20	80641.47	59648.55	38256.52	29226.31	21104.25	15737.48	10201.71	7607.44
11 0.802	48375.35	35821.02	28412.01	21215.40	13497.54	10461.31	7325.47	5323.92	3326.16	2525.07
TOTAL	924714.60	674647.82	617231.22	462870.81	319466.82	230023.69	159432.92	98716.22	62565.12	46555.72

CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES

(EN MILLONES DE PESOS)

TABLA 5.A.XV

- 1) SE LE SUMINISTRA AL PROGRAMA N° Y LOCALIZACION DE ESTACIONES DE BOMBEO
 2) SE DA PERFIL HIDRAULICO

OPCION (A) DIAMETRO Y GASTO (500 MBPD) CONSTANTES

DIAMETRO EXTERNO, PIG.	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
NUMERO DE ESTACIONES	11	11	11	11	11
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	360,441.9	246,643.7	123,008.4	51,719.7	25,034.1
COSTOS FIJOS:					
COSTO TUBERIA	14,590.338	16,545.745	18,049.903	22,562.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	10,813.297	7,381.311	3,692.653	1,591.671	751.024
COSTO MANT. TUBERIA	437.710	496.372	541.497	676.871	861.883
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	2,703.314	1,845.328	923.163	397.268	187.756
COSTOS VARIABLES:					
COSTO INVENTARIO	5,582.6901	6,549.488	8,781.714	12,584.053	17,058.454
COSTO DE OPERACION	1,312.673	896.653	448.269	188.341	91.170
DEPRECIACION TUBERIA	182.379	206.822	225.624	282.320	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,681.326	738.131	360.765	159.147	75.162
COSTOS TOTALES = C.F. + C.V.	36,703.687	34,659.248	33,032.689	39,388.120	48,113.926

OPCION (B) DIAMETRO Y GASTO (600 MBPD) CONSTANTES

DIAMETRO EXTERNO, PIG	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
NUMERO DE ESTACIONES	11	11	11	11	11
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	592,686.4	404,673.1	202,332.0	84,948.1	41,824.6
COSTOS FIJOS:					
COSTO TUBERIA	14,590.338	16,545.745	18,049.903	22,692.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	17,790.193	12,140.192	6,669.960	2,548.444	1,232.537
COSTO MANT. TUBERIA	437.710	496.372	541.497	676.871	861.883
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	4,447.548	3,035.648	1,527.493	647.131	308.120
COSTOS VARIABLES:					
COSTO INVENTARIO	5,582.690	6,549.488	8,781.714	12,584.053	17,058.454
COSTO DE OPERACION	2,159.637	1,473.716	736.062	309.308	149.654
DEPRECIACION TUBERIA	182.379	206.822	225.624	282.320	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	1,700.612	1,026.043	616.538	255.844	123.784
COSTOS TOTALES = C.F. + C.V.	48,550.124	48,101.407	34,699.247	34,891.124	48,800.434

CUADRO COMPARATIVO DE POTENCIA TOTAL CONSUMIDA Y COSTOS TOTALES

(EN MILLONES DE PESOS)

TABLA 5.A.XV (CONT.)

1) SE LE SUMINISTRA AL PROGRAMA EL N° Y LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES

2) SE DA EL PERFIL HIDRAULICO

OPCION (C) DIAMETRO Y GASTO (700 MBPD) CONSTANTES

	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
DIAMETRO EXTERNO, PLG	24.000	26.000	30.000	36.000	42.000
NUMERO DE ESTACIONES	11	11	11	11	11
POTENCIA TOTAL CONSUMIDA, BHP	904,714.6	617,231.5	308,466.2	129,430.9	62,566.1
<u>COSTOS FIJOS:</u>					
COSTO TUBERIA	14,590.338	16,545.745	18,049.903	22,562.379	28,729.429
COSTO SIST. DE BOMBEO	27,141.438	18,516.945	9,253.987	3,882.926	1,876.983
COSTO MANT. TUBERIA	437.710	496.372	541.497	676.871	861.883
COSTO MANT. SIST. DE BOMBEO	6,785.360	4,629.236	2,313.497	970.732	469.246
<u>COSTOS VARIABLES:</u>					
COSTO INVENTARIO	5,582.690	6,549.486	8,751.714	12,584.053	17,058.454
COSTO DE OPERACION	3,294.830	2,247.861	1,123.386	471.367	227.856
DEPRECIACION TUBERIA	182.379	206.822	225.624	282.030	359.118
DEPRECIACION SIST. DE BOMBEO	2,714.144	1,851.694	925.399	388.293	187.698
<u>COSTO TOTAL = C.F. + C.V.</u>	<u>60,728.889</u>	<u>51,043.161</u>	<u>41,185.007</u>	<u>41,818.651</u>	<u>49,770.667</u>

CONCLUSIONES

I.-En la opción en la que el programa calcula y determina el número y localización de las estaciones de bombeo para los siguientes casos:

- A) Se le suministra los datos de altura y distancia inicial y final.
- B) Se le suministra los datos del perfil hidráulico (36 tramos)

Se encontró lo siguiente:

- 1.- El número encontrado de estaciones de bombeo es el mismo para los dos casos ya que, este número depende solamente de la energía que se requiere para el transporte del fluido y para vencer las pérdidas de presión por fricción que se tengan a lo largo del trayecto.
- 2.- La localización de las estaciones de bombeo cambian debido a que:
 - a) Con el caso A, las estaciones se localizan a intervalos iguales, ya que consumen la carga total solamente por las pérdidas de presión por fricción. (Diámetro y Gasto Constante).
 - b) Con el caso B, también se consume la carga total por pérdidas de presión por fricción, pero el tener montañas y valles hace que las distancias no sean iguales, ya que se consume mucha carga para llegar a la cima de una montaña (la distancia es menor) y a su vez al estar a la cima se recupere parte de esta carga por flujo por gravedad (la distancia se incrementa).
- 3.- Al introducir los datos del perfil hidráulico, se da una cuenta de los siguientes aspectos que afectan o ayudan al diseño mecánico de nuestro oleoducto, según uno lo analice:
 - a) Cambios de espesores de las tuberías en ciertos tramos del perfil para controlar la posible erosión, ya que a velocidades

muy altas del fluido y si lleva sólidos suspendidos se incrementa la posibilidad de que ocurra la erosión.

b) Posibilidades de incremento en los gastos manejados.

c) El ver a que presión llega nuestro fluido al final del trayecto ó de un tramo en particular, para hacer los cambios convenientes si se llega con bastante presión, y se desee algún cambio en tamaño de tubería ó espesor.

II.-En la opción de fijarle el número y localización de las estaciones de bombeo al programa, y se le suministran datos de diferentes gastos y diámetros para calcular el diámetro óptimo se encontró que:

1.- El diámetro económico es de 30 pulgadas para los tres gastos manejados y para los dos casos siguientes:

a) El diseño del oleoducto (el programa calcula las estaciones)

b) Diámetro óptimo (Ya se tienen las estaciones determinadas)

2.- Pero desde el punto de vista tanto económico como técnico debido a que en el manejo de hidrocarburos se desea que la velocidad del fluido este dentro del rango de 4 a 6 pies por segundo para evitarse problemas de erosión, el diámetro para los dos casos analizados es el de 36 pulgadas.

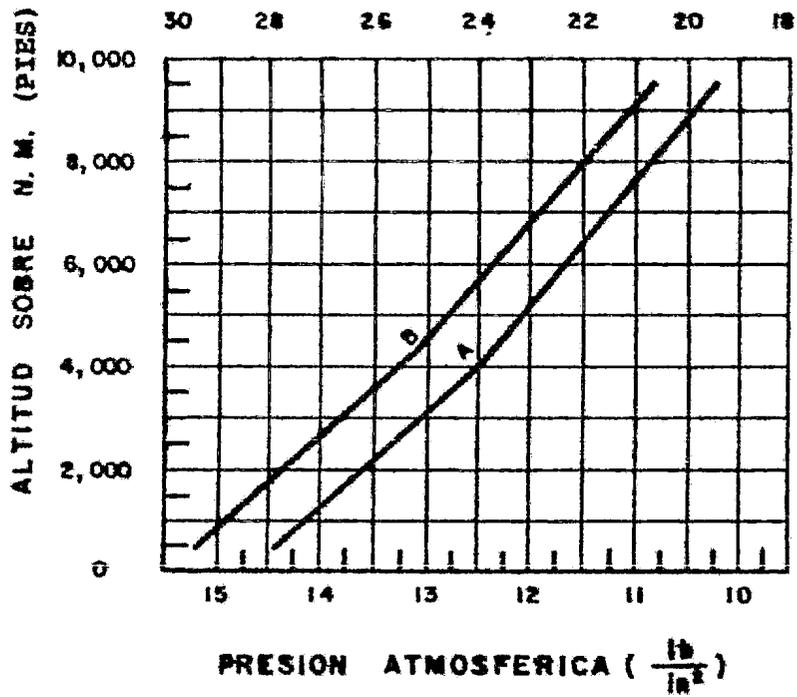
III.-El enfoque principal de esta tesis lo comprenden los capítulos III, IV, y V, que son: el criterio, procedimiento, codificación y realizamiento de un programa de computación, que ilustra la importancia de esta herramienta, y su aplicación en los problemas secuenciales e iterativos de la Ingeniería Química, ahorrando gran cantidad de horas-hombre en su resolución como es en el caso aquí presentado [cálculo de un oleoducto (Flujo de Fluidos)].

APENDICE

CAPITULO VI

APENDICE A

P. BAROMETRICA (in de Hg)



ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION
PARA TUBERIAS DE CONDUCCION

Aplicables a la construcción de líneas terrestres para conducción de gas natural, petróleo crudo y sus derivados, construidas con tramos de tubería de acero, soldados entre sí:

TRABAJOS REQUERIDOS

- I Apertura de brechas para el derecho de vía y los caminos de acceso.
- II Conformación del derecho de vía, de los caminos de acceso y de las áreas para almacenamiento de materiales.
- III Excavación de la zanja para alojar la tubería.
- IV Descarga, carga, acarreo y distribución de tubería y demás materiales.
- V Biselado, doblado, alineado y soldado de tubería.
- VI Inspección radiográfica de las soldaduras.
- VII Reparación ó reposición de las soldaduras que de acuerdo con los resultados de la inspección visual radiográfica ó destructiva se consideran defectuosas.
- VIII Limpieza interior y prueba de aire.
- IX Limpieza exterior y recubrimiento anticorrosivo de la tubería.
- X Prueba eléctrica de la envoltura de la tubería.
- XI Instalación de contrapesos, revestimientos de concreto, etc. cuando así lo exija el proyecto.

- XII Bajado y tapado de la tubería
- XIII Construcción, bajado y tapado de curvas de flexibilidad ("Slack Loops")
- XIV Unión de lingadas, protección anticorrosiva y bajado y tapado de la tubería en dichos empates o uniones.
- XV Cruzamiento en carreteras y vías de ferrocarril.
- XVI Cruzamiento en corrientes de agua.
- XVII Limpieza general del derecho de vía, reemplazo de bancos, construcción de rompecorrientes y obras de drenaje superficial.
- XVIII Instalación de válvulas de seccionamiento y trampas para llevar a cabo la limpieza interior por medio de rasquetas, cespillos, escudos ó tacos de limpieza ("DIABLOS").
- XIX Prueba hidrostática.
- XX Limpieza interna de la línea.

CEPA

Cuando al excavar la cepa se encuentra tuberías, drenaje cables, etc., la profundidad de la zanja será tal que permita alojar la tubería de conducción debajo de dichas instalaciones y colocar un colchón de tierra de 0.30 m de espesor entre la parte superior de la mencionada tubería de conducción y el nivel inferior de la instalación encontrada.

TUBERIA

Al distribuir la tubería a lo largo del derecho de vía, deberá colocarse invariablemente sobre estibas de madera con sección mínima de 15 cm (6") por 15 cm (6") de manera que se evite el contacto de la tubería con el terreno y que cada tramo se apoye por lo menos en dos pelmas.

EQUIPO PARA SOLDAR

Las máquinas para soldar serán del tipo de corriente directa, con una capacidad mínima de 300 amperes en el sistema manual (cables para soldar serán del calibre "00") y de 350 amperes en el semiautomático ó automático (calibre "0").

ALINEAMIENTO DE LOS TUBOS

Se alineará cada tubo con el ya instalado por medio de un alineador.

Diámetro Nominal	Alineador
De 4 a 6 in	Alineador exterior ("Canasta")
Mayor de 8 in	Alineador expansor interior neumático

para soldar y se requiere a una altura mínima de 0.40 m (16") sobre el terreno, mientras se aplica el primer cordón de soldadura.

LIMPIEZA INTERNA DEL TUBO

Antes de soldar la tubería, cada pieza del tubo será sometida a una cuidadosa limpieza interna, la cuál consistirá en pasar longitudinalmente a través del tubo un disco de lámina de acero de $\frac{1}{4}$ " de espesor y con un diámetro de $\frac{1}{4}$ " menor que el del tubo (interno). Este disco tendrá unido, adherido a la cara de la cual, parte la varilla con la que se jala, un disco de hule de $\frac{3}{32}$ " de espesor y de un diámetro igual al diámetro interno del tubo.

PRUEBA NEUMÁTICA

En las áreas urbanas e industriales y en todas partes que las especificaciones particulares ordenen que se haga la prueba neumática, el Constructor correrá primeramente una rasqueta ó diablo del diseño apropiado, con empaques de hule y cepillos de alambre, impulsado con aire comprimido, dentro de la tubería soldada en cada una de las secciones y que no excederán de 3 km. Estas secciones se cerrarán inmediatamente después de la salida del dia

blo y se probarán a una presión mínima de 100 lb/in². Dicha presión deberá mantenerse durante todo el tiempo que dure la prueba

Se investigará con espuma de jabón o detergente, que se aplicará con brocha a las soldaduras, inmediatamente después de que hayan sido rigurosamente cepilladas con cepillos de acero manuales ó eléctrica, si hay poros a través de los cuales escape el aire.

Las juntas en las que aparezcan fugas deberán ser radiografiadas y reparadas. Después de la prueba, la tubería será lavada para eliminar completamente el jabón.

LONGITUD DE SECCIONES SOLDADAS

A fin de evitar que la tubería se pueda dañar con las dilataciones y contracciones producidas por los cambios de temperatura, se limitará la longitud de las secciones soldadas de tubería ("lingadas") de acuerdo con el diámetro de la misma.

DOBLADO DE TUBERIAS

Se recurrirá a doblar la tubería, sólo cuando no sea posible ó económico, a juicio del Cliente, adaptar la tubería al contorno del terreno conforme se va ampliando ó profundizando la zanja.

Se recomienda que los tramos de la tubería que se van a doblar, sean de un acero que en los límites elástico y de ruptura estén suficientemente separados para permitir las deformaciones del doblado y la resistencia necesaria para soportar la presión de prueba.

Diámetro

Mayor ó igual a 6 in

Menor que 6 in

Menor que 12 in

Zapatas dobladoras

Máquina dobladora

Máquinas con mandril interno

LIMPIEZA EXTERNA

La tubería deberá estar cerca y se usarán máquinas rasqueteadoras completando el trabajo con cepillos y rasquetas a mano, donde no haya quedado bien limpia.

El aceite, grasa y las marcas de pintura de fábrica que puede tener el tubo deberán quitarse totalmente antes de pasar la máquina rasqueteadora con trapos limpios, empapados con un sol^uvente libre de plomo. Por ningún motivo se empleará resina en esta operación.

Si tiene laca ó pintura anticorrosiva de fábrica, el Constructor por su cuenta la quitará totalmente, empleando quemadores en caso necesario, antes de pasar las máquinas rasqueteadoras.

PINTURA "PRIMER"

Sobre la tubería limpia y seca se aplicará una capa uniforme de pintura "primer" en forma de película (12.7 m² por litro de pintura).

ESMALTE

Sobre la pintura "primer" se aplicará una capa de esmalte a la temperatura adecuada (200 a 240 °C para que tenga la fluidez necesaria). Cuando el esmalte se refuerza con fibra de vidrío, tendrá un espesor mínimo de 3/32".

REFUERZO Y ENVOLTURA

Simultáneamente con la aplicación del esmalte, la tubería se forrará en forma espiral, con tela de fibra de vidrio (vidrioflex" ó similar). El forrado deberá hacerse a máquina, con un traslape mínimo de 1/4" y máximo de 3/4", de modo que dicha tela quede embebida y centrada en el esmalte, sin mostrar arrugas ni torcimientos.

Cuando sólo se refuerce el recubrimiento con fibra de vidrio, el espesor mínimo será de 3/32" (0.093") y cuando además se envuelva con fieltro ó revestimiento externo el espesor mini

mo será de 0.105"

BAJADO DE LA TUBERIA

Deberá efectuarse durante las horas del día, en que la temperatura sea la más baja, en el caso de que la línea de conducción sea para fluidos a temperatura ambiente. Si va a conducir fluidos con una temperatura superior a la media ambiente, el bajado de la tubería deberá hacerse a las horas del día en que la temperatura sea la más alta.

TAPADO DE LA TUBERIA

Se tamará la tubería si maneja fluidos a la temperatura ambiente en las horas del día en que la temperatura sea la menor y si es fluido a temperatura superior a la media ambiente en las horas del día en que la temperatura sea la mayor.

Se efectuará el relleno de la zanja hasta un nivel que como mínimo estará 0.20 m arriba de la corona del tubo, con material suave como tierra y arena. Después se podrán echar a la zanja materiales que contengan fragmentos grandes y duros, siendo compactados mediante varios pasos de la banda de un tractor sobre la zanja. Cuando la construcción del ducto sea en zonas pobladas el relleno de la zanja deberá ser compactado mediante pistón neumático o de mano, por cupos no mayores de 0.20 m humedeciendo el material en caso necesario, antes de ser aprisionada la tierra.

OBRAS ESPECIALES

CRUZAMIENTO CON CARRETERAS Y VIAS DE FERROCARRIL

La línea de conducción deberá cruzar la carretera ó vía de ferrocarril, dentro de tubos de protección ("camisas"), que proporcionará el Cliente. El ducto y la camisa (llevará orificios en los que se colocarán ventilas, siendo estos hechos antes de introducir la tubería del ducto), serán concéntricos y se conservarán en esta posición por medio de aisladores y centradores. El espacio anular entre la tubería de conducción y el tubo protector, irá

sellado en los dos extremos del tubo,debiendo realizarse esta operación tan pronto como se haya introducido la línea dentro de la camisa.

Se usará el sistema de tunel para este cruzamiento,de tal manera que la tubería de protección quede con un colchón mínimo de 1.5 m contando a partir del nivel del pavimento o base del riel.

Cuando por circunstancia especial,se use zanja para construir el cruzamiento,una vez bajada la tubería,se consolidará el material por capas no mayores de 15 cm,humedeciendo debidamente cada una de ellas antes de apisonarlas.

CRUZAMIENTO DE CORRIENTES DE AGUA

El cruzamiento se hará tendiendo la tubería bajo el cauce de la corriente en forma semejante al tendido general del ducto,enterrandola en el fondo a una profundidad mínima de 2. m para garantizar que la línea quede fuera de la posible corrosión del agua a todo lo ancho del cruce.

Cuando el Cliente lo señale en las especificaciones particulares ó en los planos de la obra,la tubería deberá lastrarse en cualquiera de las siguientes formas:

- 1.-Por medio de contrapesos de concreto,precolados y fijados a la tubería con abrazaderas ("River Clamps") antes de colocar ésta en su lugar definitivo.
- 2.-Usando tubería especial de mayor espesor que la de la línea regular ó usar tubería revestida de concreto.
- 3.-Mediante contrapesos de concreto ("River Clamps") armados y colocados en el sitio de la obra,una vez que haya sido colocada la tubería en su lugar definitivo.

A uno y otro lado del cruzamiento y a suficiente distancia para garantizar que el lugar quede fuera del nivel de agua máximo de la corriente, cuando el Cliente lo estime conveniente, se instalarán válvulas de compuerta, de operación manual ó automática para aislar el cruzamiento en caso necesario.

CRUZAMIENTOS DE PANTANOS

La tubería se tenderá en una zanja que tenga como mínimo la misma característica especificada para terreno seco y firme. La profundidad de dicha zanja será medida a partir de la superficie del suelo, sin tener en cuenta la lámina de agua que cubra el terreno.

La tubería deberá ser lastrada ó anclada en el fondo de la zanja, para evitar que flote. El lastre será diseñado por el Cliente y podrá consistir de un revestimiento de concreto ó en bloques ó anclas aisladas, en cuyo caso, el Cliente indicará al Constructor la separación a que deberán colocarse y la forma de hacerlo, así como todos los detalles de su construcción y colocación. En el tapado de la tubería de ser posible se usará el material de la zanja.

VALVULAS, TRAMPAS Y DESVIACIONES

El Cliente señalará los lugares en los que se instalarán válvulas de seccionamiento para control de flujo a lo largo de la tubería de conducción, tuberías y estructuras especiales para el envío, recibo y control de "diablos" y otros equipos que se hagan circular dentro de la tubería de conducción (trampas de diablos).

También podrá ordenar la construcción, a lo largo de la tubería de conducción, de estructuras especiales para separar ó "purgar" líquidos ó gases (Trampas de líquidos y gases) e instalaciones especiales para desviar parcial ó totalmente el flujo de la tubería de conducción ("By Passes").

LIMPIEZA INTERNA Y PRUEBA DE PRESION HIDROSTATICA

Generalidades

Cuando la línea esté totalmente terminada, bajada a la zanja y tapada se procederá a la prueba de presión hidrostática, la que se hará con todas las válvulas y demás accesorios ya instalados, así como hechas todas las conexiones necesarias salvo indicaciones especiales del Cliente. Esta prueba se hará generalmente por tramos.

En terrenos montañosos ó con fuerte pendiente topográfica a lo largo de la línea, la longitud máxima de los tramos por probar, deberá ser tal, que dentro de cada uno de ellos, la diferencia de presión entre dos puntos cualesquiera del tramo en prueba, sea como máximo igual al 10% de la presión de prueba.

En el caso de tramos horizontales de la línea de conducción, la longitud máxima de los tramos de prueba será tal que, permita su rápida revisión, vaciado, reparación y llevado para repetir la prueba en caso de encontrarse alguna falla. Los tramos no deberán tener una longitud mayor de 25 km.

Las fuentes de abastecimiento de agua para la prueba hidrostática del ducto, deberán elegirse tomando en cuenta su ubicación, volumen de agua disponible y calidad de la misma, desechando aquellas aguas que por su contenido de impurezas orgánicas, sales en solución ó partículas en suspensión, puedan originar depósitos indeseables en el interior del ducto.

Antes de iniciar la prueba, se inspeccionarán las conexiones de las bombas a la línea, y la correcta instalación de los instrumentos de medición, previamente calibrados, así como las medidas de seguridad necesarias en aquellos lugares que por su ubicación representan, en caso de fallas, peligro para el público ó para las instalaciones adyacentes. Si la temperatura es de 0°C ó inferior, la prueba no deberá iniciarse, y si ya ha sido iniciada, se suspenderá ésta hasta que la temperatura suba de dicho límite, teniendo cuidado de reducir la presión y en caso de ser posible sacar el agua de la tubería.

Diablos para eliminar el aire

Para iniciar la prueba, se correrán como mínimo tres diablos (provistos de capas que los hagan herméticos y con cepillos de alambres del tipo de desgaste compensado), para purgar el aire de la línea y limpiarla de toda incrustación, polvo ó rebaba de construcción.

Prueba de presión hidrostática

Terminada la limpieza y expulsión del aire, y con la tubería llena, se procederá a la prueba final de presión hidrostática. Los requisitos y duración de la misma serán los que se indiquen en las Especificaciones Particulares, pero en ningún caso la prueba tendrá una duración menor de 24 horas.

Diablos para secar la tubería

Terminada la prueba de presión hidrostática, el Constructor procederá a correr varias veces, más de cinco veces los diablos de tipo adecuado, según lo determine el Cliente, para desplazar en forma efectiva el agua que haya quedado alojada en la tubería, especialmente en columpios y partes bajas. Estos diablos serán corridos de 6 a 9 km/h con el fluido que indicará y proporcionará el Cliente, ó con aire suministrado por el Constructor.

PROTECCION CATODICA Y SEÑALAMIENTOS

En todos los casos, una vez que se haya terminado la construcción de la tubería de conducción, se deberá instalar en la misma un sistema de protección catódica diseñada, construida e instalada en forma adecuada, de modo que satisfaga las normas y especificaciones del Cliente, y debe incluir la colocación de postes de amojamiento y registro, tanto para la inspección terrestre como para la inspección aérea.

PAGO

El precio que se fije debe incluir todos los conceptos de

gasto incluyendo la mano de obra, los materiales y el uso del equipo que sea necesario para que la obra se ajuste a lo ordenado en esta especificación y en los proyectos respectivos, también deberá incluir los conceptos que se deriven de movimientos y almacenamientos de materiales, de excavaciones y de rellenos, de todas las soldaduras que sean necesarias, de la limpieza y recolección de recubrimientos, de las pruebas que sea necesario ejecutar, de ruptura y reposición de pavimentos que se realicen en las áreas de la obra, de los colados de concreto y cualquier obra que sea necesaria para que éstas se ajusten a los proyectos y a las observaciones del supervisor.

Al hacer las estimaciones de trabajos en la línea regular se deberán descontar las longitudes de los cruzamientos que hayan sido considerados como obras especiales.

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

=====

PRINCIPIOS DE OPERACIONES UNITARIAS

FOUST Y WENZEL

CIA. EDITORIAL CONTINENTAL, S.A., MEXICO

BOMBAS TEORIA, DISEÑO Y APLICACIONES

ING. MANUEL VIEJO ZUBICARAY

EDITORIAL LIMUSA, 2^a EDICION

APPLIED PROCESS DESIGN FOR CHEMICAL AND PETROCHEMICAL PLANTS

ERNEST. E. LUDWIG

VOL. I

GULF PUBLISHING COMPANY

EVALUACION HIDRAULICA DE BOMBAS

HIDRAULIC INSTITUTE

FLOW OF FLUIDS THROUGH VALVES, FITTINGS AND PIPE

CRANE

INGENIERIA DE PROYECTOS PARA PLANTAS DE PROCESO

H.F. KASE Y M.H. BARROW

CECSA.

CHEMICAL ENGINEERING PLANT DESIGN

F.C. VILBRANDT AND C.E. DRYDEN

MC. GRAW HILL

PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS

M.S. PETERS AND K.D. TIMMERHAUS

MC. GRAW HILL

CHEMICAL ENGINEERING COST ESTIMATION

ARIES AND NEWTON

MC. GRAW HILL

CHEMICAL ENGINEERS" HANDBOOK

PERRY

MC. GRAW HILL, 5^a EDICION

API-501

ESPECIFICACIONES PARA TUBERIA (MANEJO DE HIDROCARBUROS)

ESPECIFICACIONES GENERALES Y NORMAS DE PEMEX

I) CT-200

GUIA PARA DIMENSIONAMIENTO DE DIAMETRO DE TUBERIAS

II) CT-201

FUNDAMENTOS DE HIDRAULICA

III) MI-01

INGENIERIA DE INSTRUMENTOS, METODOS Y NORMAS DE TRABAJO

IV) T-303

REQUISITOS GENERALES PARA CONSTRUCCION DE TUBERIAS DE
CONDUCCION

TABLA DE ANALISIS DE COSTO POR METRO LINEAL DE TUBERIA

PROYECTO DE LINEAS DE CONDUCCION

SPCO, PEMEX

OCTUBRE DE 1981

"LOS ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA CORROSION"

BOLETIN INFORMATIVO

ASOCIACION TECNICA DEL ACERO INOXIDABLE, TUBIX

Vol. 1 N° 1 Mzo 1982

WALWORTH

VALVULAS INDUSTRIALES

VENTAS NACIONALES GILSA

GORMAN RUPP

PUMPS & SYSTEMS CATALOG

BRITISH PETROLEUM EQUIPMENT AND SERVICES

BPE & S 1976 edition, CEMPE

FOR CLEANING ALL PIPELINES

T.D. WILLIAMSON, INC.