

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

---



**ESTIMACION DE COSTO DE EQUIPO PARA  
MANEJO DE FLUIDOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO**

**P r e s e n t a n**

**MARIA TERESA OVILLA MARTINEZ  
MARIA LUISA REYES MARTINEZ**

**MEXICO, D. F.**

**1979**



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.



Presidente: VLADIMIR ESTIVILL RIERA  
Vocal: EDUARDO ROJO Y DE REGIL  
Secretario: CARLOS DORMAN MONTERO  
1o. Suplente: CLAUDIO A. AGUILAR MARTINEZ  
2o. Suplente: ALFONSO FRANYUTTI ALTAMIRANO

FACULTAD DE QUIMICA

María Teresa Ovilla Martínez \_\_\_\_\_

María Luisa Reyes Martínez \_\_\_\_\_

Vladimir Estivill Riera \_\_\_\_\_

A Mis padres que me impulsaron a

la realización de mi carrera -

profesional

A Mi Aceso VLADIMIR ESTIVILL RIERA que espon-  
táneamente hizo posible la realizaci6n-  
de 6sta tesis.

Al: Ingeniero Héctor Lara Sosa.

## I N D I C E

I.	INTRODUCCION	1
II.	GENERALIDADES	3
III.	EQUIPO DE MANEJO DE FLUIDOS	8
IV.	COSTO DE LOS EQUIPOS	35
V.	CLASIFICACION	48
VI.	APENDICE	72
VII.	RESUMEN	96
	BIBLIOGRAFIA	98

# C A P I T U L O I

## INTRODUCCION

Durante su ejercicio profesional, el ingeniero químico se encuentra con frecuencia ante la necesidad de estimar el costo de algún sistema determinado para justificar alguna nueva --- instalación o modificación.

Entre los equipos que se presentan con mayor frecuen-- cia estan los que se usan para el manejo de fluídos. La importan-- cia de los mismos se basa fundamentalmente en la cantidad de ma-- nejar, diferencia de presión, diferencia de alturas, material de construcción adecuado para evitar un desgaste prematuro por co-- rrosión o abrasión. Una vez seleccionado el equipo en función -- de las necesidades de proceso es indispensable contar con infor-- mación económica básica que sirva para una mejor selección.

Antes de tratar de tener cotizaciones comerciales con-- viene disponer de la información de costos relacionada con carac-- terísticas técnicas de los equipos de manejo de fluídos que per-- mitan estimar el valor aproximado de dichos equipos.

El objetivo principal de este trabajo es presentar la-- información gráfica que permita llevar a cabo la estimación de-- costo de los equipos de manejo de fluídos más comunmente usados-- en la industria donde presta, sus servicios profesionales el in-- geniero químico.

En vista de la variación que sufren los costos de ---  
los equipos este trabajo se apoya en información de cotizacio--  
nes obtenidas durante el segundo semestre de 1978.

Para una evaluación futura se emplearon índices de --  
costo publicados en la literatura, que permiten hacer ajustes--  
con el tiempo.

## C A P I T U L O    I I

### G E N E R A L I D A D E S

#### 2.1 Método para evaluar el costo de un equipo.

El costo de un equipo es función de la capacidad del mismo o de alguna otra variable dimensión que esté fuertemente correlacionada con el costo del mismo. La ecuación que nos describe lo anteriormente expresado es:

$$\frac{\text{Costo de equipo A}}{\text{Costo de equipo B}} = \left( \frac{\text{Capacidad } (\xi) \text{ A}}{\text{Capacidad } (\xi) \text{ B}} \right)^{\text{Exp}}$$

Esto nos lleva a una ecuación general;

$$\log \text{ costo de equipo} = X \log \xi$$

Donde:

variable dimensional.  $\frac{dc}{d\xi} = 0.6 - 0.7 = X$  (pendiente)

Lo ideal es irnos a la construcción de gráficas.

- 1o. Se pide una serie de cotizaciones a varios fabricantes las cuales se grafican.
- 2o. Se selecciona la variable dimensional más identificable con el equipo.
- 3o. Eliminar datos disparados, encontrando el quiebre de las dos rectas con diferentes pendientes.
- 4o. Para actualizar el costo de un equipo ó una planta teniendo una cotización atrasada se utilizan--

los índices de costo, en el caso de Estados -- Unidos, los índices más utilizados son: Índices Mashall: E. Stevens.

### 2.1.1 Método del por ciento de costo de un equipo.

Cpsto de la planta basado en costos de equipo.

Bases:

- a) Cotización directa, datos estadísticos de equipo.
- b) Precio de materiales como un por ciento de costo - total de un equipo.
- c) Ingeniería y gastos de campo, utilidades y gastos generales de contratistas como un por ciento de -- los costos totales directos.

En este caso hacemos empleo de la ecuación:

$$C = E_i + \sum (f_1 E_i + f_2 E_i + \dots + f_n E_i) \quad F_{11}$$

Donde:

$E_i$  = Costo de equipo instalado, que es igual a:

$$E + E_L \quad \text{ó sea} \quad E_i = E - E_L$$

$f_1, f_2$  = Factores multiplicadores para gastos indirectos.

## 2.1.2 Método: Evaluación de Lang ó factor de Lang.

Bases:

- a) Costos de equipo (costo unitario)
- b) Costos completos de planta obtenidos por aplicación de factores multiplicadores para costos de equipo, (los factores de Lang varían en función de la planta de proceso).

La ecuación de lang es:

$$C = F_L + \sum E$$

Donde:

F<sub>L</sub> .- Factor de lang.

E .- Costos de equipo entregado

## 2.1.3 Método.- Ecuación de Williams

La ecuación de Williams es:

$$C_n = C_r \cdot 0.6$$

Donde:

C<sub>n</sub>.- Costos de la planta propuesta

C .- Relación de los costos referidos a una fecha determinada.

r .- Relación de capacidad propuesta con respecto a la original.

## 2.2 Método Costos unitarios de proceso.

**Bases:**

- a) Capacidad de producción del proceso.
- b) Costos unitarios instalados (corregidos por índices) de planta de proceso similar.
- c) Información sobre el múltiplo aplicable a plantas o unidades de proceso.

En este caso podemos aplicar la ecuación.

$$C = K F_p$$

**Donde:**

K.- Nueva capacidad productiva de la planta expresada como un múltiplo aplicable a plantas o unidades de proceso.

F<sub>p</sub>.-Costo unitario de planta.

**2.2.1 Método de rentabilidad****Bases:**

- a) Capacidad de producción de proceso.
- b) Rentabilidad anual sobre las ventas, la ecuación aplicable es:

$$C = \frac{S}{cK}$$

**Donde:**

S.- Ventas anuales de la empresa en términos monetarios.

CK.- Rentabilidad sobre ventas.

2.2. Tabla de índices nacionales de precio al consumidor.

Índices de Costo de equipo (CE) (1957-59 = 100) (1)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Equipo y Maquinaria	211.1	213.5	214.1	215.7	216.7	217.7	218.8	244.0
Labor de Construcción	182.1	180.4	182.0	180.7	182.7	183.1	185.6	186.0
Construcción	206.2	208.2	210.3	211.1	212.8	214.0	214.9	216.1
Ingeniería y Supervisión	166.4	167.1	159.9	160.3	160.6	161.0	161.6	162.0
Equipo Fabricado	226.6	323.9	233.6	237.1	237.4	237.4	238.2	243.0
Maquinaria de Proceso	218.9	221.5	222.7	224.3	225.5	226.8	228.4	230.8
Válvulas y Tubería	256.0	262.2	264.0	266.0	267.0	268.4	269.1	273.1
Bombas y Compresores	248.4	250.3	250.6	254.2	256.3	258.2	258.6	258.8
Equipo Eléctrico	162.5	162.9	162.8	164.6	166.4	167.9	168.7	169.5

Índices Anuales.

1970 = 125.7 1971 =132.2 1972 =137.2 1973 = 144.1 1974 = 165.4  
 1975 = 182.4 1976 =192.1 1977 =204.1

(1) Chemical Engineering  
 Vol 85 Sep.11 y 25 Jul 31  
 No. 20 y 21 No. 17  
 Pag. 8

(1) Chemical Engineering Cost  
 Zimmerman Lavine  
 Pags. 120 a 135

(1) Chemical Engineering  
 Plant Design  
 Vilbrant y Dryden  
 4a. ed  
 Pags. 475 a 588

## C A P I T U L O    I I I

### EQUIPO DE MANEJO DE FLUIDOS

3.1 Equipo. Acción y efecto de equipar. "Grupo de Operarios organizado para un servicio determinado".

3.1.1 Fluido: Dícese del cuerpo cuyas moléculas tienen entre sí poco o ninguna coherencia y toma siempre la forma del recipiente donde esté contenido.

Es una sustancia que no resiste permanentemente a la distorción.

Flujo: Movimiento de las cosas líquidas no fluidas.

3.1.2 Propiedades y clasificación de un fluido.

Los fluidos pueden clasificarse en líquidos y gases.

La diferencia entre los dos está en que los líquidos, ocupan un volumen definido, mientras que los gases se expanden hasta llenar totalmente el volumen de recipiente que los contiene. Entre los líquidos y los gases al examinar la respuesta a una presión aplicada, ej. Si se aumenta la presión sobre el agua se produce un cambio muy pequeño en su volumen.

El agua y los líquidos en general son incompresibles. En un gas por el contrario la aplicación de una presión puede producir un gran efecto sobre su volumen.

La ec. de edo es una relación entre la presión, la -- temperatura y el volumen o la densidad de una sustancia en --- equilibrio. Esta ec. de edo. tiende a ser para un líquido una-- relación compleja, para los gases existe una ec. simple de edo. llamada ley del gas perfecto:  $PV=nRT$ ;  $P = RT$

Cuando un medio fluido se le aplica una tensión cor-- tante no se llega a una posición en equilibrio, entonces se di-- ce que el fluido continúa deformándose, encontrándose en este-- caso que la tensión cortante es proporcional a la velocidad an-- gular.

$$\tau = \frac{\Delta \gamma}{\delta t}$$

De esta expresión se observa que a mayor viscosidad-- de un fluido mayor debe ser la tensión cortante aplicada, para-- obtener una velocidad de deformación angular dada.

Para una clase muy amplia de fluidos el coeficiente-- de viscosidad ( $\mu$ ) es independiente del gradiente de velocidad-- tales fluidos se llaman "Newtonianos" tales como el agua, aire, aceite. Hay otros que no son Newtonianos, como la sangre, el -- alquitrán y las suspensiones.

La tensión superficial de un líquido se debe a las -- fuerzas de atracción entre moléculas diferentes llamadas de ad-- hesión. La tensión superficial es proporcional al producto de-- un coeficiente de tensión superficial por la longitud de la su-

perficie libre, esta es la fuerza que mantiene en su forma a una gota de agua ó a un glóbulo de mercurio.

Calor específico: Es la cantidad que se le debe transferir a una substancia para elevar un grado de temperatura una-- libra masa de ella. El calor necesario para elevar un grado de-- temperatura una libra masa de un gas en un proceso a volumen --- constante se designa como  $C_v$ ; para un proceso a presión Cte. se designa como  $C_p$ .

Para el flujo incomprensible se requieren solo dos ec. para su descripción, estas son las de continuidad y las de - - - Bernoulli.

La ec. de continuidad establece que la suma de todas-- las masas que entran en un sistema, debe ser igual a la suma de las masas que dejan el sistema en el edo. estable.

$$W_1 = W_2 = \frac{S_1 v_1}{V_1} = \frac{S_2 v_2}{V_2} = G_1 S_1 = G_2 S_2$$

La ec. de Bernoulli es una expresión relativamente sencilla que relaciona la presión y la velocidad del fluido: su significado es que en ausencia de energía no mecánica la suma de las energías debida a la presión, de la energía potencial y la cinética, permanece cte. para un fluido perfecto.

$$P_1 V_1 + z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{v_1^2}{2g_c} = P_2 V_2 + z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{v_2^2}{2g_c}$$

### 3.1.3. Tipos de flujo.

Existen dos tipos básicos de flujo, cada uno con características diferentes, el primero se llama flujo laminar, en el que el fluido fluye en capas lisas o láminas. En este tipo de flujo, una partícula del fluido que se haya en determinada capa permanece en ella, el esfuerzo cortante en el flujo laminar es producido por el deslizamiento de una capa de fluido sobre otra. El segundo se llama Turbulento, el cual puede originarse por métodos distintos:

a) Por contacto de la corriente de fluido, con límites sólidos ó bien por contacto entre dos capas de fluido que se mueven con velocidades diferentes, el primer tipo de turbulencia se denomina "Turbulencia de de Pared" y el segundo "Turbulencia Libre".

El flujo turbulento consiste en un conjunto de torbellinos de diferentes tamaños que coexisten en la corriente del fluido.

### 3.2 Definición de Bomba y Bombeo.

( 1 )

Bomba: Es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias, encerradas dentro de una caja ó cubierta.

Bomba es una máquina que imparte energía al fluido para provocar en él un desplazamiento de una posición una a una posición dos.

Bombeo: Adición de energía a un fluido para moverse de

un punto a otro. No es como frecuentemente se piensa la adición de presión. Porque la energía es la capacidad para hacer trabajo, adicionándola a un fluido obliga a este hacer trabajo.

3.2.1 Partes fundamentales de una bomba así como funcionamiento de cada una de ellas y materiales con el que están--  
construídos.

Los elementos básicos de una Bomba Centrífuga son: im  
pulsor, flecha (elementos giratorios), cubierta, estopero y chu  
maseras (elementos estacionarios).

Impulsor.- Imparte energía de velocidad al fluido como resultado de la fuerza centrífuga con la que el impulsor girara.

Flecha.- Transmite la potencia del mecanismo acciona--  
dor al impulsor.

Cubierta.- Recibe su nombre de la envoltura en forma--  
de espiral que rodea al impulsor. Esta sección de la cubierta--  
recoge el líquido descargado por el impulsor y convierte la ener--  
gía de velocidad en energía potencial.

Estopero.- Mantiene la posición y el ajuste de la empa--  
quetadura. Es un mecanismo que limita el goteo entre la flecha y  
la carcaza.

Chumaseras.- Montaje que mantiene la unidad rígida en  
la mayor parte de las bombas.

Las bombas centrífugas pueden fabricarse de casi to--

dos los metales comunes conocidos ó de sus aleaciones, así como de porcelana, vidrio y hasta de materiales sintéticos.

Accesorios	Materiales de construcción.
Cubiertas	Hierro colado (a una temperatura-normal y a una presión definida). Hierro fundido (a temperatura normal y a presiones definidas). Bronce (si el líquido bombeado es corrosivo). Acero inoxidable si (el líquido - bombeado es corrosivo o abrasivo).
Impulsor	Bronce (el bronce es fácil de fundir para secciones de modelos complicados, es más fácil de maquinar, no se oxida, produce superficies lisas).
Flechas de bombas que requieren manguitos de flecha.	Acero de hogar abierto. Aleaciones de alta resistencia a tensión. (se van a encontrar grandes esfuerzos).
Flechas de bombas que no requieren manguitos de flecha.	Acero inoxidable.

Manguitos de fle-	Bronce y acero inoxidable.
cha.	
Prensa estopas	Bronce
	Hierro fundido (puede emplearse-- en bombas equipadas totalmente de hierro.
	Hierro (si la bomba maneja hidro- carburos).
Anillos de desgag	Bronce.
te.	Hierro colado.
	Acero fundido.
	Acero Inoxidable.
	Monel.
Tubería en los --	Acero (para altas temperaturas y-
sistemas de bombeo.	presiones elevadas.

### 3.3. Definición de un compresor.

( 1 )

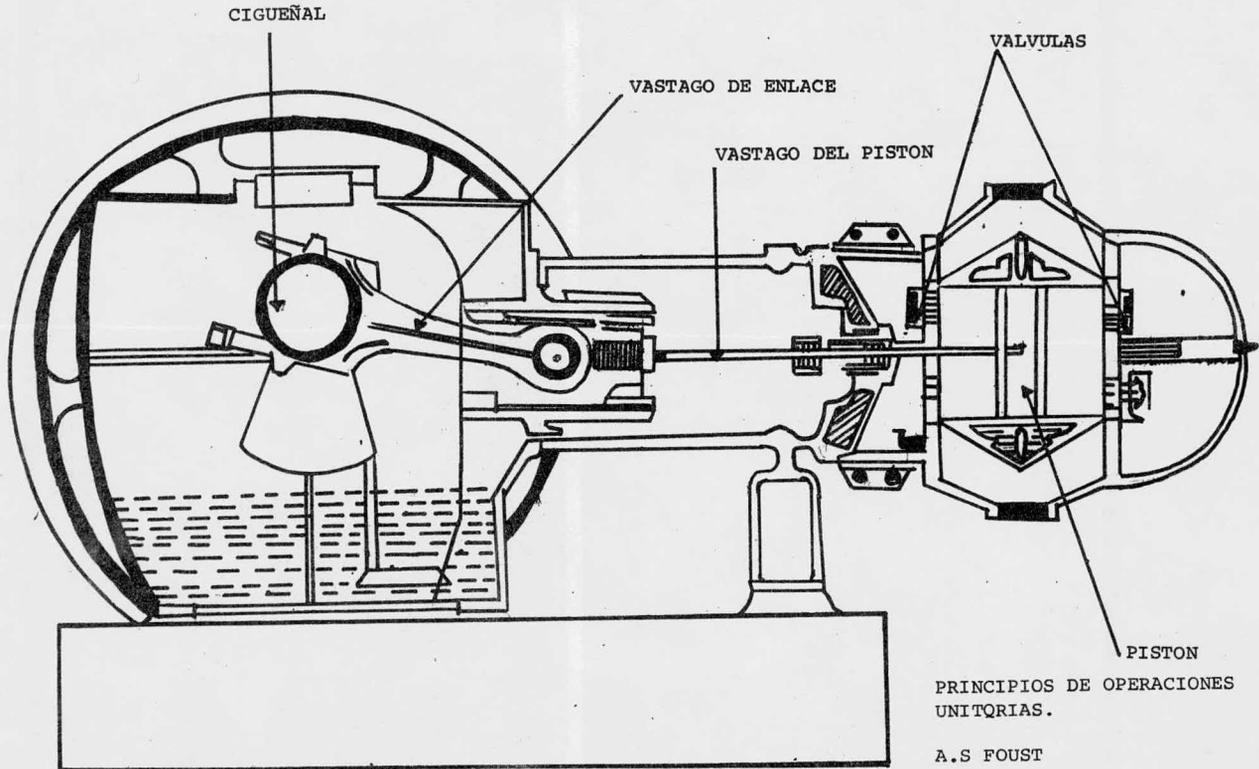
Compresor. Turbomáquina generatriz de fluido compresible.

3.3.1. Partes fundamentales de un compresor así como funcionamiento y material con el que están contruídos.

Los elementos básicos de un compresor reciprocante.

Cilindro. Por su gran espesor, admite varias rectificaciones sin que su resistencia disminuya.

COMPRESOR RECIPROCANTE



PRINCIPIOS DE OPERACIONES  
UNITARIAS.

A.S FOUST

PAG. 525

Todo compresor está provisto de enfriamiento por agua a través de camisas de gran volúmen y de extensa área de transmisión del calor, sobre todo en los puntos de mayor calentamiento. Estas camisas forman parte integral de la sola pieza que es el cilindro fundido. Todos los conductores de agua están conectados por tuberías exteriores, lo que imposibilita cualquier fuga que contamine el aire o el gas manejado.

Válvulas Feather, trabajan por contacto y sin impactos destructivos, por lo que no requieren placas de choque, ni resortes, ni dispositivos amortiguadores de ninguna especie.

Están colocadas sobre el cuerpo del cilindro, para su más fácil acceso. De la succión (parte superior del cilindro) sobresalen los descargadores del control automático de parada y arranque. Su única parte móvil se compone de una serie de laminillas o cintas, de un acero inoxidable casi indestructible que están firmemente sujetas entre el asiento y el guada de válvulas y que poseen tal flexibilidad que responden instantáneamente a cualquier variación de presión o de flujo abriendo y cerrando con enorme rapidez, y evitando así las fugas o retardos que afectan la eficiencia de todo compresor que tiene otro tipo de válvulas. Estas válvulas constituyen la mejor garantía de duración y de mínimo gasto de mantenimiento.

Bastidor.- Está fundido de una sola pieza, con fuertes

nervaduras, que incluyen las guías de la cruceta, esto permite absorber gran parte del esfuerzo flexionante y de las vibraciones.

Cigüeñal.- Está construído de acero forjado tratado--térmicamente, maquinado y acabado con tolerancias de alta presión.

Cojinetes Principales.- Ajustables y fáciles de des--montar, son dobles, del tipo de rodillos troncocónicos, que convierten en despreciables las pérdidas de fricción, manteniendo la eficiencia de las máquina durante mucho tiempo. La duración de estos cojinetes ha sido probada en las instalaciones que suman muchos millares de caballos de potencia.

Biela.- Es de acero forjado, del tipo semi-marino y muy robusta, con una chumacera bipartida para el muñón del cigüeñal; que tiene cubierta de metal babbit sobre hierro fundido, es ajustable por medio de una calza y es recambiable. El mango para la cruceta es de bronce, de fácil reposición.

Cruceta.- Es de hierro fundido, básicamente del mismo diseño, usado en compresores gigantes de 12,000 H.P.. Su construcción en forma de caja reduce al mínimo la fuerza de inercia y logra que el alineamiento del pistón, obtenido en fábrica, se mantenga durante toda la vida de la máquina.

Todo compresor está provisto de un regulador de velo-

cidad constante, que permite adaptar su trabajo, a las condiciones exactas de operación requeridas, el control de este regulador es automático y consiste en lograr que la máquina deje de comprimir aire cuando su presión en el tanque de almacenamiento alcance el límite máximo prefijado, y que vuelva a comprimirlo en cuanto esta presión baje al límite mínimo también fijado previamente.

#### 3.4 Definición de ventilador. ( 2 )

Los ventiladores forman parte de la familia de las turbomáquinas generatrices y dentro de ellas, ocupa un puesto intermedio entre el de los compresores y el de las bombas.

Al igual que los compresores, los ventiladores son turbomáquinas de fluido compresible; pero en los ventiladores, las velocidades de desplazamiento del fluido son mucho más débiles que en los compresores. De hecho en los ventiladores, el fenómeno de compresión es de tan poca importancia que puede desprejarse y el cálculo de estas máquinas es muy parecido al de las bombas.

En un principio se consideró un tipo de turbomáquina intermedio entre el de los ventiladores y el de los turbocompresores el de los soplantes. Actualmente, las aplicaciones de ventiladores y de turbocompresores no tienen un límite determinado de diferenciación y las máquinas antiguamente llamadas soplan-

tes tienen características propias comunes a los otros dos grupos por lo que no se les reservará ninguna consideración.

3.4.1. Partes fundamentales de un ventilador, así --- como funcionamiento de cada uno de ellos y material con el que están contruídos.

Los diferentes órganos de un ventilador pueden dividirse en dos partes principales:

Equipo móvil o rotor y estator, el equipo móvil se--- compone de un árbol acoplado al motor por medio de un dispositivo rígido o por medio de una correa en el que se encuentra -- enchavetada una rueda o rotor, propiamente dicho dotada de árboles (aletas).

El árbol se apoya sobre el estator por medio de cojinetes, cuya función es la de reducir las pérdidas mecánicas debidas rozamiento. Otros dispositivos dan carácter estático a los intersticios entre el árbol y el estator.

El estator comprende los orificios (o bocas) de aspiración y de caudal y eventualmente un recuperador (o un amortiguador). El estator, o caja, sirve para la fijación del ventilador, soporta los cojinetes y sirve de habitáculo del equipo móvil.

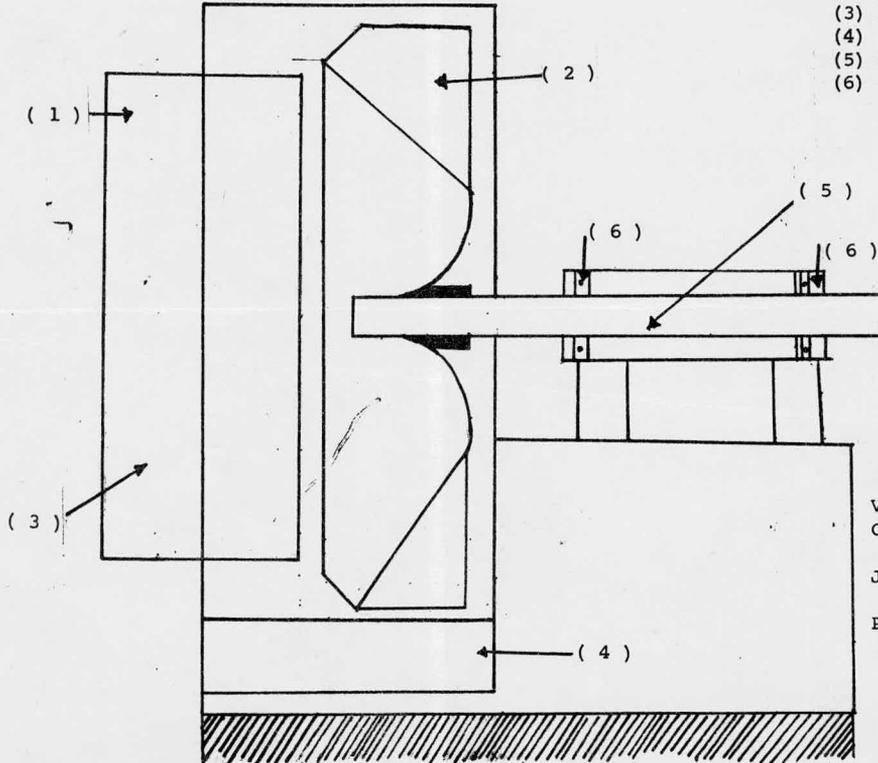
La fig. 1 permite indentificar los diferentes órganos descritos.

CORTE ESQUEMATICO DE UN VENTILADOR

CENTRIFUGO

CORTE ESQUEMATICO  
DE UN VENTILADOR

- (1) RECUPERADOR
- (2) ROTOR
- (3) BOCA DE ASPIRACION
- (4) BOCA DE IMPULSION
- (5) ARBOL
- (6) COJINETES



Las condiciones de servicio y la naturaleza de los---  
líquidos que se van a manejar determinarán el material de cons-  
trucción de cada uno de los materiales citados.

Accesorios	Material de construcción.
Recuperador	Acero inoxidable.
Rotor	Acero inoxidable ó Monel.
Estator	Acero inoxidable.
Arbol	Acero dulce.
Cojinete.	Gráfíto compacto.

Definición de un soplador.

( 2 )

Sopladores.- Es un dispositivo que sirve para incre--  
mentar la presión del fluído que transporta a espensas de una--  
energía mecánica. Prácticamente, un soplador no eleva el fluído  
de un nivel inferior a un superior como es el caso de una bomba  
hidráulica; un soplador recoge un fluido a una cierta presión--  
y lo libera a una presión más elevada.

3.5 Partes fundamentales de un Soplador, así como fun-  
cionamiento y material con el que están construídos.

Soplador está constituído por: una carcaza difusora,-  
rotor, un eje, soporte y cojinetes. Que pueden ser montados, se-  
gún el principio de la caja de construcción, en todas las dis-  
posiciones y posiciones deseadas; en muchos casos incluso pue--

den ser montados a pie de obra. Están provistos de caja en --  
 espiral de chapa de acero y los rotores se construyen generall  
 mente con discos de potencia menor o mayor, poseen una ó dos--  
 bocas de aspiración. Los tipos accionados por correa trapezoid  
 dal están provistos de un soporte de cojinete con rodamientos  
 de bolas lubricadas con grasa, o también de cojinetes lisos  
 lubricados en aceite.

Formas aerodinámicas adecuadas de la tobera de as--  
 piración y de sección de entrada libre y exenta de aletas di--  
 rectrices permitirán una marcha silenciosa a las presiones --  
 adecuadas para la instalación de ventilación.

### 3.6 Concepto de Tubo y Materiales de Construcción. (3)

Tubo. Es un término limitado a productos tubulares--  
 que conforme a ciertos diámetros exteriores estándares cono --  
 cidos como tamaños de tubo de hierro. Esto lo distingue --  
 den entubados que son ya sea de diámetros exteriores ó inte --  
 riores hasta de 1 in ó fracciones de pulgadas con espesor de--  
 pared específica.

Las líneas de tubería se dividen generalmente en --  
 dos categoría: Las líneas de proceso son aquéllas que acarrear  
 materiales que entran en la composición del producto que se --  
 esté fabricando; las líneas de utilidad ó servicio son aque --

llas que acarrean vapor, agua, gas, aire comprimido, sal muera u otras substancias.

Los tubos y las tuberías pueden construirse con --- cualquier material de construcción disponible dependiendo de las propiedades corrosivas del fluido y de la presión del flujo. Estos materiales son muy variables y pueden ser: vidrio, concreto, asbesto, cemento, acero, plásticos, madera y muchos otros; sin embargo, los materiales de tubería más comunes y corrientes en la industria son: el hierro, el acero inoxidable, cobre y bronce; en la selección entre ellos se hace en función de la aplicación.

Un método de identificar las dimensiones de la tubería ha sido el establecido por American Standar Association.- Se ha convenido en que el tamaño de los tubos y de las conexiones se caracterizan en función del diámetro nominal y del espesor de la pared.

Para tubos de acero, los diámetros nominales pueden variar entre  $1/8$  de in a 30 in. El diámetro nominal no es ni el interior ni el exterior, sino más bien una aproximación al diámetro interior sin importar el espesor de la pared, los tubos con diámetros nominales iguales tienen el mismo diámetro exterior, lo cual permite intercambiar las conexiones.

El espesor de la pared de los tubos se indica por -

el número de cédula, es una función de la presión interna y de la tensión permisible aproximadamente.

$$\text{Número de cédula} = 1000 \frac{P}{S}$$

Donde:

P es igual a presión interna de trabajo en lb/in<sup>2</sup>

S tensión permisible, lb/in<sup>2</sup>.

Se utilizan 10 números de cédula: 10, 20, 30, 40, -- 60, 80, 100, 120, 140 y 160. El espesor de la pared del tubo aumenta con el número de cédula. Para tubos de acero, la cédula 40 es el número correspondiente al tubo normal.

Las conexiones para tubería de acero se hacen generalmente en hierro fundido ó bien en hierro maleable, pudiendo obtenerse en varios espesores de pared; para tuberías mayores de 2 in las conexiones roscadas son menos frecuentes. --- Las tuberías de gran tamaño pueden unirse mediante los mismos tipos de conexiones. Pero es más común instalar bridas ó bien emplear juntas soldadas.

Los materiales de construcción más comunmente usadas en la fabricación de válvulas son: bronce, latón, hierro fundido, acero fundido, acero forjado.

Las uniones de tubo son fundiciones de hierro ó acero.

Las uniones de tubos empleadas en líneas que transportan vapor se pueden clasificar por el método de acero-unión que puede ser: a) reborde b) solfado c) roscado d) soldado con latón. Las uniones soldadas de acero forjado encuentran su mayor aplicación en líneas de vapor y de proceso.

La construcción de tipo soldado no sólo simplifica la instalación y aislamiento sino que también baja el peso por la eliminación de rebordes y pernos, los rebordes se usan para las juntas de longitudes de tubo y también para conectar los a las válvulas y al equipo.

3.6.1 Accesorios (trampas de vapor, válvulas, bridas)

Trampas de vapor . Dispositivo para desalojar automáticamente el condensado que resulta del enfriamiento del vapor.

Se requiere que estas funciones sin causar caídas en la presión de la línea. Las trampas se deben de localizar al final de cada corrida de tubo y antes de una conexión de desvío a una pieza del equipo.

Si una cantidad de agua permanece en una línea de vapor, un choque severo llamado golpe de ariete puede resultar con un posible daño al equipo. El tiempo para calentar un reci

piente aislado ó un cambiador de calor es considerablemente - alargado si el aislante no se libera del condensado se colecta durante la porción de enfriamiento de un ciclo. Una trampa es en realidad una válvula que permite que el agua y aire fluyan por ella mientras que el paso del vapor está prohibido.

El factor más importante en una trampa de vapor es el tipo de servicio para el que se va utilizar, este se puede separar en dos fases 1) para remover el condensado de las --- tuberías principales de vapor. 2) para remover el condensado de las unidades calentadoras como bobinas, aislamientos de -- vapor, calentadores de agua y otro tipo de equipo donde el -- vapor seco una temperatura deseada requiere.

Tipos de trampas. Trampa de válvula invertida es -- el tipo más ampliamente usado para todas las presiones ordinarias y capacidades arriba de 12000 a 15000 lb/ pulg<sup>2</sup>

Trampa compuesta operada por pistón.- Se usa donde grandes volúmenes de condensado se deben manejar.

Trampa de vapor de tipo vasija abierta, se recomien da para drenar líneas de vapor sujetas a pulsaciones y amplias variaciones de presión.

Trampa de flotador.- Usada para descargar condensado prácticamente a la temperatura de vapor continuamente y -- sin variación de presión.

Trampa de vapor termostática utiliza una diferen---

cia de temperatura entre el vapor y el condensado para abrir - o cerrar su válvula.

### Válvulas.

Las válvulas se usan para gobernar el flujo de fluido de fluidos dentro de una línea de tubería. Se pueden clasificar de acuerdo a: 1.- Funcionamiento, 2.- Materiales de construcción, 3.- Medios para unir las a la tubería adyacente, 4.- Métodos de operación.

1.- Funciones de la válvula: a).- Para parar el flujo de fluidos en una línea de tubería (válvulas de compuerta, válvulas de abertura rápida y válvulas de tapón, b) controlar la cantidad de flujo (válvula de globo, ángulo, aguja, de diafragma, mariposa.) c) Para controlar la dirección del flujo, cheque de balanceo, cheque de levante, cheque de bolas y válvulas sin retorno.

a).- Válvula de compuerta funciona por la elevación o caída de un prisma triangular. b) Las válvulas de compuerta de abertura rápida se usan donde las líneas se van abrir o cerrar en un tiempo mínimo. c) Válvula de tapón, opera haciendo girar este por medio de una llave. Hay dos tipos generales:

1.- Lubricadas y no lubricadas.

Las válvulas de globo y ángulo funcionan por la elevación o bajada de un tapón o disco o un asiento que divide el cuerpo de la válvula en partes separadas. La válvula de globo-

tiene una caída de presión varias veces mayor que la válvula de compuerta cuando ambas están en su posición completamente abiertas.

Válvula de aguja.- Estas se usan en tamaños donde se requiere una regulación exacta de flujo de fluidos.

Válvula de Diafragma se usa para el control de ácidos, alcalis, desperdicios y sustancias altamente viscosas y volátiles.

Válvula de mariposa.- Se usa para el control y corte de fluidos, desperdicios se fabrica para servicios de 15- a 600 psig.

Válvula cheque. Diseñada para permitir el flujo de fluidos solamente en una dirección.

Válvula cheque de balanceo.- Son las más usadas y están diseñadas para causar la menor resistencia al flujo.

Válvula cheque de elevador horizontal.- Se usa -- en aplicaciones donde el flujo es irregular o está sujeto a frecuentes retornos, por lo que esta válvula tiene mucho menos tendencia a cerrar de golpe en una corriente variable.

Válvula cheque de bola.- Se recomienda para instalaciones en líneas de variaciones rápidas debido a su operación silenciosa. Otra cualidad de este tipo es que gira ba-

jo operación, presentando una superficie que continuamente - cambia al asiento de la válvula y por lo tanto iguala su -- uso.

Válvula de desagüe.- Para fondos de tanque se usan para drenar el contenido de tanques de metal donde la acumulación del material en los fondos gradualmente formaría capas de residuo si no se quitan al final de cada ciclo.

Los tipos más comunes de uniones son las juntas -- roscadas, y los fabricantes de tubos norteamericanos utilizan las normas de roscas de tubos americanos, A.S.A. Standar B2.-1945. Esta junta es adecuada para presiones bajas y moderadas y a temperaturas también bajas. El tamaño práctico es el de 4 plg. (102 mm) de diámetro, aunque a veces se roscan los de 6 y 8 plgs. (152 y 203 mm) para baja presión. En el lubricado de las roscas se usan corrientemente aceites o mezclas de aceite y gráfito. Los materiales que se usan para asegurar un cierre hermético son litargirio y glicerina, minio y barnices de resinas de fenolformaldehido. Para hacer la rosca se necesita que el espesor de la pared del tubo sea mayor que el que exija la presión. No se -- aconseja el empleo de juntas roscadas con aceros inoxidables debido a que se agarrotan y representan un peligro cuan

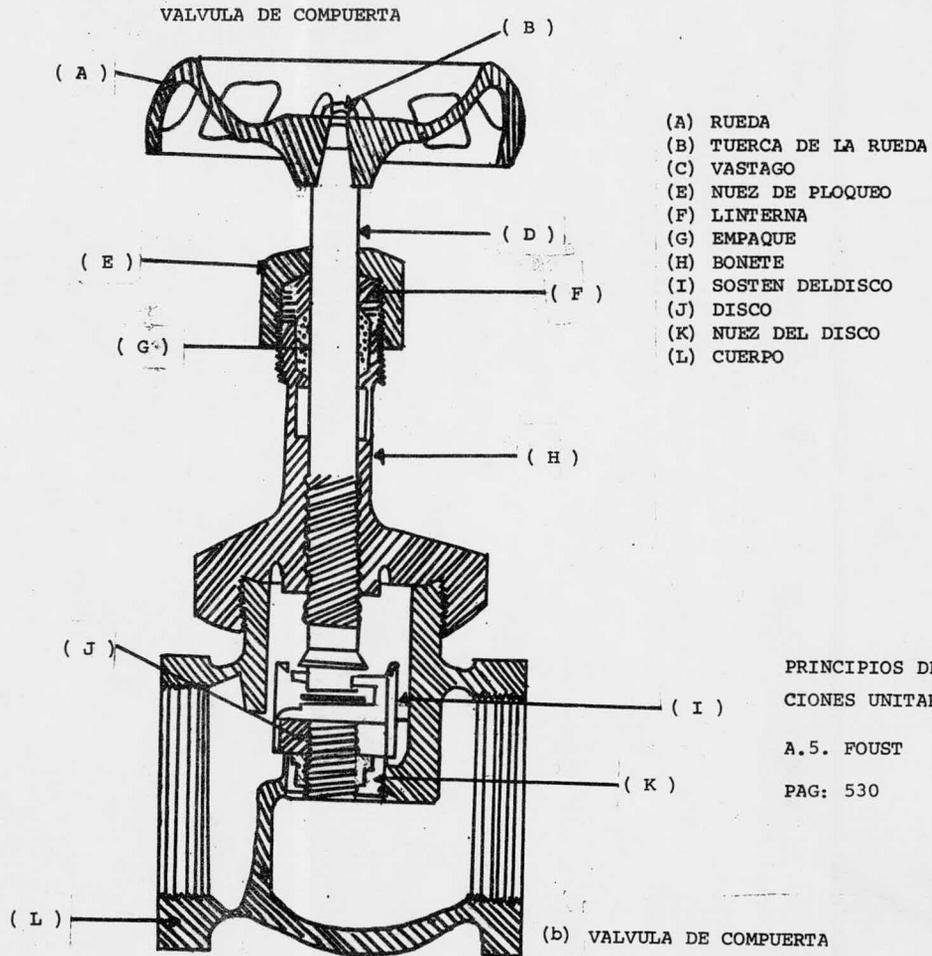
do hay que desmontarlas y volverlas a montar.

Las juntas con bridas se emplean mucho porque facilitan la instalación de las tuberías y su unión a los accesorios y válvulas. Hay muchos procedimientos para hacer la --- unión con bridas siendo las tres principales por roscado, sola pado, o con superposición y soldado. Las bridas roscadas son de fundición, latón y acero.

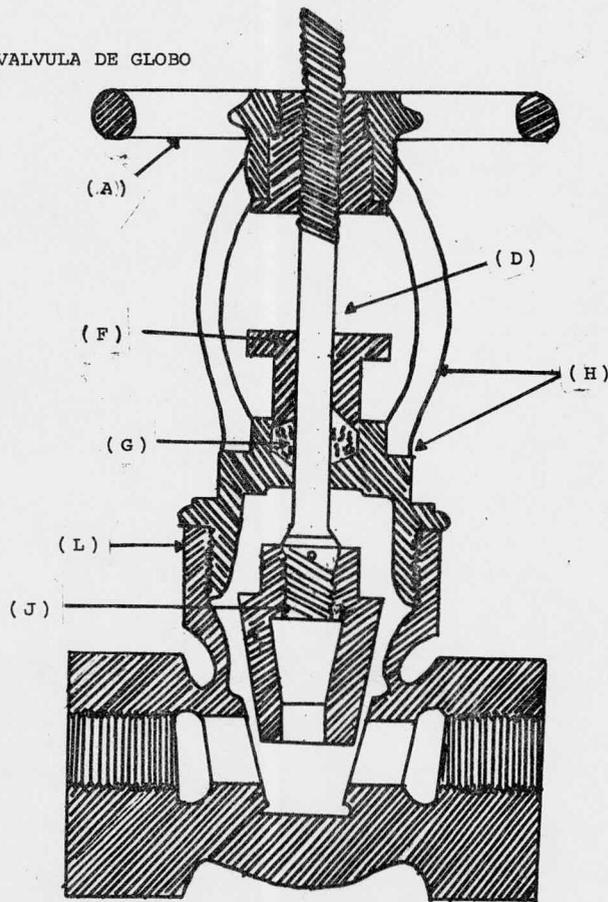
Juntas de brida solapada.- Se fabrican de modo que formen un ángulo en escuadra sobre el extremo del tubo, siendo labradas las caras de enfrente y detrás. Las bridas que -- dan flojas de modo que puedan girarse a voluntad. Su ventaja sobre el tipo roscado son: se elimina el grueso extra para la rosca, no hay roscas con sus fugas potenciales y los extremos de los tubos se mantienen bien unidos sin que las bridas lleguen a tocarse entre sí.

También hay de este tipo como niples o manguitos -- soldados. Las juntas de brida soldada son de varios tipos como, el roscado soldado por detrás, el de los frentes de las - bridas deslizantes y las partes de detrás soldadas y refrenta das y el de brida de soldar soldada al extremo del tubo.

Juntas soldadas.- Tienen ventaja sobre las embridadas y roscadas siempre que el soldado lo ejecuten soldadores-calificados.



VALVULA DE GLOBO



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

PRINCIPIOS DE OPERACIONES  
UNITARIAS.

A.5. FOUST

PAG: 530

(a) VALVULA DE GLOBO

Las ventajas son la eliminación de las fugas potenciales, menos peso, simplicidad para su asilamiento y costos-bajos de instalación y conservación. Sus desventajas son: que no puede soldarse con válvulas de cuerpo de hierro que son -- las más baratas; desmontarse con facilidad de redes de tubería; y en algunas zonas peligrosas no se permite realizar la soldadura. Cuando es preciso aliviar los esfuerzos se colocan algunas bridas.

Para acero inoxidable en pequeños diámetros, se simplifica la soldadura con accesorios que deslicen uno sobre -- otro y soldados por detrás.

Los accesorios para juntas por comprensión o soldado en emplean mucho con los tubos especiales no ferrosos y -- permiten el uso de paredes más delgadas. Los accesorios por -- comprensión se usan en algunos tubos especiales de plástico.

Bridas y accesorios. La American Standard Association editó las normas para bridas y accesorios para tubos que se dan en la tabla 41.

No A.S.A.

Título

B16a-1939

-Accesorios de bridas y bridas para tubos de fundición de la clase de 125 - 1b/plg<sup>2</sup> (8.8kg/cm<sup>2</sup>).

No. A.S.A.	Título
Bl6b-1944	-Accesorios de bridas y bridas - para tubos de fundición y para una presión de vapor máxima de trabajo (WSP) de $250\text{lb/plg}^2$ -- ( $17.6\text{ kg/cm}^2$ ).
Bl6bl-1931	-Accesorios de bridas para tubos de fundición para presión hidráulica de $800\text{lb/plg}^2$ ( $56.2\text{ kg por cm}^2$ )

- 
- (1) Bombas Centrifugas,  
Igor. J. Karassic y Ray Carter,  
Selección, Operación y Mantenimiento,  
Págs. 11-197.
  - (2) Ventiladores y Turbocompresores  
José Masana Tardá  
Marcambo S.A.  
Págs. 1-95.
  - (3) Tubería Industrial  
Charles T. Fittleton  
2a. Ed. 1964.  
Págs. 395-490.

## C A P I T U L O    I V

### COSTOS DE LOS EQUIPOS

4.1 Costos de bombas de acuerdo a la clasificación -- ANSI, (Precio de la bomba con Base y Cople de acuerdo a su diámetro de descarga con un material de construcción, fierro y acero inoxidable).

4.1.1. Costos de bomba de acuerdo a la clasificación- ANSI, (precio del motor de la bomba con respecto a la potencia- del motor). ( 1 )

	<u>Precio Bomba con Base y Cople HP. del motor</u>		<u>Prec. Motor</u>	<u>\$ (Miles de pesos)</u>
	<u>Fierro</u>	<u>Acero Inoxidable.</u>	<u>Hp</u>	
1 /2x1x6	18,900	37,300	5.0	12,750
3x1 1/2x6	19,170	37,780	7.5	17,408
3X 2 X6	23,093	45,800	15.0	29,419
1 <sup>1</sup> /2x1x8	19,200	38,100	10.0	20,545
3x1 <sup>1</sup> /2x8	21,380	41,980	20.0	23,222
3X 2 X 8	29,607	58,110	30.0	64,473
4X 3 X 8	33,000	62,100	50.0	100,878
2X 1 X10	26,471	52,185	15.0	29,419
3x1 <sup>1</sup> /2x10	26,440	52,383	30.0	64,473
3X 2 X10	30,000	59,918	40.0	80,027
4X 3 X10	10,032	80,218	75.0	158,525

3X1 <sup>1</sup> /2X13	34,488	70,108	10.0	20,366
3X 2 X13	50,014	95,118	20.0	41,965
4X 3 X13	53,278	100,180	30.0	62,577
6X 4 X13	63,080	120,100	75.0	153,893

Para motores se ha tomado el precio de Motores a Prueba de Explosión, los cuales son de uso común en Industria Química, las velocidades consideradas han sido 3,500 RPM; excepto -- para las Bombas con impulsor de 13" de diámetro que están a --- 1,750 RPM.

4.2 Costos de Compresores Estacionarios enfriados por agua, incluyendo postenfriador y tanque. ( 1 )

4.2.1. Costo del Compresor con respecto a la potencia del motor.

Potencia Motor	Compresor	Motor 1,750RPM a prueba de goteo.
30	240,000	29,249
40	307,000	37,026
50	412,000	45,799
75	412,000	73,143
100	637,000	93,262
150	720,000	123,386
200	820,000	153,315

## Costos de Ventiladores Centrífugos y Axiales.

## 4.3.1. Costo de Ventiladores axiales con motor y accesorios.

( 2 )

## Ventilador Centrífugo. Acero pintado. HXLP-1

<u>Tamaño Ø del Rode te (cms)</u>	<u>Precio del Ventilador sin motor y accesorios</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Precio del ventila-- dor sin motor y accesorios--</u>
		<u>HKLT-1</u>	
020	18,738	020	18,318
025	22,214	025	21,774
031	55,862	031	55,462
040	64,636	040	70,370
050	73,950	050	79,470
063	97,490		

<u>Tamaño Ø del Rodete (cms)</u>	<u>Precio del Ventilador sin motor y accesorios</u>	<u>Tamaño</u>	<u>Precio del ventilador sin motor y accesorios</u>
		<u>HKMP-1</u>	
031	60,538	031	62,002
040	80,480	040	73,730
050	96,296	- -	- - - -

## 4.3.2 Ventiladores Industriales Centrífugos.

Tamaño Ø del- Rodete (cms)	Precio ventila- dor sin motor - accesorio. HKMT-1	Tamaño	Ventilador con acceso rio pero - sin motor HKHB-1	Tamaño	Precio del ven tilador con ac cesorios; pero sin motor. HKHT-1
010	11,708	010	17,968	010	17,238
012	13,060	012	20,096	012	19,306
016	17,698	016	25,252	016	24,458
020	20,124	020	29,688	020	28,964
025	23,610	025	35,384	025	35,175
031	29,918				
040	76,550				
050	93,170				

Ventiladores Industriales Centrífugos para acomodar el motor directamente sin motor, acero pintado forma derecha ó izquierda.

Tamaño Ø del Rodete (cms)	Precio del ven- tilador HKHT-3
010	41,550
012	45,278
016	54,332
020	57,076
025	69,090
031	113,504
040	124,858
050	146,080

Tamaño	Precio del ventilador con motor y accesorios FZCM-6	Tamaño	Precio del ventilador con motor sin accesorios FZCM-13
31-4-1-11	11,708	50-4-1-7/9	18,038
35-4-1-11	12,276	71-4-1-7/9	27,238
35-4-1-7	13,702	80-4-1-7/9	34,378
40-4-1-11	13,142		
45-4-1-7	16,560		
50-4-1-7	19,944		
56-4-1-7	22,650		
63-4-1-7	26,606		
71-4-1-7	30,574		
71-6-1-7	28,704		
80-6-1-7	37,080		
090	29,768		
100	35,624		
118	42,862		
125	54,964		
140	66,962		
160	86,002		

## Axiales.

Tamaño $\emptyset$ del Rode te (cms)	Precio del Ventilador sin motor y accesorios FZCM-1	Tamaño $\emptyset$ del Ro- dete (cms)	Precio del Ventilador FZCM-3
31-4-1-11	10,782	040	19,932
35-4-1-11	11,170	050	25,358
40-4-1-11	11,848	056	28,304
45-4-1-7	14,656	063	30,674
50-4-1-7	17,976	071	338,644
56-4-1-7	21,814	080	44,628
63-6-1-7	25,826	090	70,828
71-4-1-7	29,024	100	99,616
71-6-1-7	27,104	125	127,714
80-6-1-7	33,254	140	146,252
		160	169,726

HKMT-3			
Tamaño Ø del Ro- dete (cms)	Precio del Ventilador sin accesorios.	Tamaño Ø del Ro- dete (cms)	Precio del Ven- tilador sin ac- cesorios HKLT-3
016	43,360	010	43,184
020	47,556	012	45,858
025	53,190	016	54,846
031	92,500	020	59,166
040	101,452	025	69,030
050	129,320	031	114,414
063	158,968	040	125,096
		050	144,326
		063	233,466
		071	272,624
		080	329,034
		090	364,866
		100	406,582

Tamaño Ø del- Rodete (cms)	Precio del Ven- tilador HKMT-3	Tamaño Ø del- Rodete (cms)	Precio del Ventilador con accesorios sin motor - - HKLP-3
025	69,494	020	40,976
031	115,050	025	43,862
040	125,852	031	83,370
050	145,990	040	94,690
063	252,458	050	110,250
071	272,154	063	143,750
080	328,880	080	186,298
090	369,150	090	245,154
100	405,792	100	281,462
		112	342,398
		125	408,876
		140	452,570
		160	502,940

Tamaño Ø del- Rodete (cms)	Precio del Ven- tilador sin ac- cesorios HKLT-3	Tamaño Ø del- Rodete (cms)	Precio del Ven- tilador sin ac- cesorios HKMP-3
020	40,408	031	93,126
025	43,746	040	109,272
031	83,370	050	136,900
040	101,394	063	169,370
050	116,680	071	293,011
063	151,034	080	267,270
080	195,236	090	313,534
		100	357,828
		112	402,834
		125	446,016

#### 4.4 Costo de Sopladores.

4.4.1. Costos de sopladores sin incluir el motor de mantenimiento.

Serie 300 y serie 400.

Tamaño	Motor (HP)	Precio estimado
310	0.25 - 5.0	650.00
324	0.50 -10.0	800.00
330	0.50 -15.0	950.00
336	0.75 -20.0	1150.00
344	1.00 -30.0	1600.00

**Serie 400**

407M	0.25 - 7.5	450.00
409M	0.25 -15.0	500.00
411M	0.25 -20.0	600.00
419M	0.50 -60.0	1100.00
421M	0.75 -75.0	1400.00
429M	1.50 - 150	2950.00
433M	1.50 - 200	4100.00

**Serie 500 costo del soplador sin incluir el costo del motor de mantenimiento.**

506	0.25 - 1.0	250.00
507	0.25 - 3.0	300.00
508	0.25 - 5.0	350.00
512	0.25 -10.0	650.00
516	0.25 -15.0	900.00

## 4.5 Costos de Tubería.

(3)

Tubería con troquelado longitudinal.

<u>Diam. (pulgs.)</u>	<u>espesor(pulgs.)</u>	<u>ancho ranura 1156"</u>	<u>\$/mtro.</u>
85/8	0.188	23.99	544.45
	0.250	31.66	699.00
	0.277	34.96	771.25
10 3/4	.188	30.04	701.20
	.250	39.71	864.00
	.279	44.17	954.00
12 3/4	.188	35.79	851.30
	.250	47.35	1,004.55
	.281	53.08	1,122.60

Tubos Monterrey, S.A.

## 4.5.1 Tubería con troquelado longitudinal

tipo L111

<u>Diam. (pulg.)</u>	<u>espesor(pulgs.)</u>	<u>ancho ranura 56"</u>	<u>\$/mtro.</u>
6 5/8	.188	18.70	431.60
	.250	24.63	543.70
	.280	27.45	598.85
8 5/8	.188	24.45	508.85
	.250	32.20	656.20
	.277	35.65	723.40
10 3/4	.188	30.66	655.90
	.250	40.28	810.55
	.279	44.80	898.10

4.5.2 Lista de precios comercial tubo liso y o biselado especificaciones ASTM A-120.

---

Diámetro	(pulg.) Espesor	\$/metro.
168 mm.	.188	370.00
	.219	322.85
	.250 c = 40	475.00
	.280	525.95
	.312	571.80
	.344	629.25
	.375	684.95

Lista de precios de tubería negra y galvanizada para agua C-40 en tramos de 6.40 metros.

Medidas	Negra	sin cople	con cople
pulg.	Precios por metro		
	extremos lisos.		
1/8"	12.70	12.80	13.30
1/4"	13.30	13.90	14.20
3/8"	14.80	15.10	15.70
1/2"	14.50	15.20	15.20
3/4"	18.80	19.80	19.80
1"	26.50	27.90	29.00
1-1/4"	34.90	36.60	38.80
1-1/2"	41.80	43.90	46.10
2"	56.10	58.80	61.60
2-1/2"	73.40	78.00	85.80
2-1/2"	88.80	93.40	101.20
3"	95.20	101.50	110.70
3"	116.40	122.20	131.40
4"	139.00	147.50	160.70
4"	170.30	179.00	192.00

Medidas pulg	galvanizada extremos lisos	sin cople	con cople
1/8"	15.70	15.80	16.30
1/4"	17.20	17.50	19.30
3/8"	19.20	19.50	20.30
1/2"	20.00	20.70	21.30
3/4"	25.80	27.20	27.80
1"	36.60	27.20	27.80
1-1/4"	48.60	50.40	51.90
1-1/2"	58.40	60.40	62.30
2"	78.20	80.90	84.60
2-1/2"	102.40	90.80	115.50
2-1/2"	123.80	128.50	136.00
3"	132.20	139.40	151.30
3"	160.70	168.20	179.20
4"	192.50	201.30	215.30
4"	236.00	244.70	269.60

- (1) Worthington de México S.A (1965)  
Bombas y Compresores
- (2) Flackt de México S.A.  
Ventiladores.
- (3) Tubos Monterrey S.A.  
Tuberfa.

## C A P I T U L O V

### 5.1 C L A S I F I C A C I O N

Clasificación de las bombas.

La figura siguiente muestra una amplia clasificación de las bombas. Existen muchas variaciones y modificaciones en estos tipos básicos.

Bomba centrífuga (impulsor)

Desplazamiento positivo (reciprocante, rotatoria, -- engrane, lobular, tornillo, aletas).

Bomba centrífuga.- En una bomba de este tipo se fuerza el líquido ya sea por medio de una presión atmosférica o de otra clase a un conjunto de paletas giratorias. Estas paletas constituyen un impulsor que descarga el líquido a una velocidad mayor en su periferia. Esta velocidad se convierte entonces en energía de presión por medio de una voluta o por medio de un conjunto de paletas. Difusoras estacionarias.

Las bombas con caja de voluta se llaman, generalmente bombas de caracol mientras que las de paletas difusoras se llaman bombas de boquilla o difusoras.

Las bombas difusoras se llamaban por lo común bombas de turbina pero este término ultimamente se ha hecho más selec

to aplicandose a bombas centrífugas verticales de turbina.

Además de clasificarse en términos de conversión-- de energía, las bombas centrífugas se dividen en otras mu -- chas categorías muchas de las cuales se refieren al impul -- sor.

Los impulsores se clasifican de acuerdo con la di -- rección principal del flujo en relación con el eje de rota -- ción, por lo tanto las bombas centrífugas pueden tener.

a).- Impulsor de flujo radial. b.- Impulsor de -- flujo axial. c.- impulsor de flujo mixto.

Estos impulsores se clasifican con mayor detalle - de acuerdo con el flujo de los bordes de succión de las pale -- tas.

a.- Succión sencilla con una sola entrada en un so -- la lado.

b.- Succión doble con flujo de agua al impulsor -- simétricamente por ambos lados.

Los impulsores se clasifican de acuerdo a su cons -- trucción mecánica como sigue:

a.- Cerrados con refuerzos o paredes laterales que encierran las vías de agua.

b.- Abiertos sin refuerzos.

c.- Semiabiertos.

Si la bomba es una en que la altura de elevación -

se dese desarrolla con un solo impulsor, se llama bomba de un solo paso con frecuencia, la altura de elevación que se va a desarrollar requiere el uso de dos o más impulsores operando en serie tomando cada uno su succión de la descarga del impulsor anterior.

#### 5.1.1 Bombas de desplazamiento positivo.

Las bombas de desplazamiento positivo, pueden ser del tipo reciprocante o del tipo rotatorio.

Bomba reciprocante.- este tipo de bomba adiciona energía al sistema fluido, por medio de un pistón que actúa contra un líquido confinado, puesto que el flujo del fluido puede ser determinado por la geometría de la bomba, el pistón puede ser accionado por medio de un motor eléctrico o por medio de una máquina de vapor, la cantidad de fluido dependerá solamente del Volumen del cilindro y del número de veces que se mueve el pistón a través del cilindro. La descarga real puede ser menor que el volumen de carrera del cilindro, ya sea por fugas a través del pistón o porque este no se llene completamente. Por consiguiente, la eficiencia volumétrica puede ser definida como la relación entre la descarga real y la descarga basada en el desplazamiento del pistón. La eficiencia para las bombas con un buen mantenimiento debe ser cuando menos 95%.

En una bomba reciprocante, mientras el pistón es retirado en el cilindro (entrada del líquido), cesa la descarga del fluido. Por consiguiente el fluido se descarga con flujo pulsatorio. Las pulsaciones pueden ser disminuídas usando una bomba de doble acción, aprovecha el volúmen del cilindro en ambos lados del pistón, entregando aproximadamente la misma descarga para la carrera hacia atrás y hacia adelante del pistón.

Las bombas reciprocantes son particularmente útiles para bombear fluidos viscosos, debido a que la alta proporción de esfuerzo cortante que actúa sobre las paredes del cilindro sirve como un empaque adicional. Esta bomba también resulta satisfactoria para obtener altas presiones y, debido a su característica de desplazamiento positivo, algunas veces se usa para medir fluidos. Los líquidos que contienen sólidos abrasivos, no deben ser bombeados con una bomba recíprocante, debido al correspondiente daño que sufren las superficies maquinadas.

Las capacidades de flujo de una bomba reciprocante, varía directamente con la velocidad. Las unidades usuales incluyen diseños entre 20 y 200 carreras de pistón por minuto. Un maquinado y un mantenimiento cuidadoso pueden proporcionar a esta clase de bombas una buena eficiencia. Algunas -

desventajas son su tamaño y su alto costo inicial y de mantenimiento.

**Bombas Rotatorias.** Esta clase de bomba puede ser caracterizada por el método de toma y descarga del fluido. Una bomba rotatoria atrapa una cantidad de líquido y lo mueve --- hasta el punto de descarga, la parte no dentada de los engranes a la entrada de la bomba, proporciona un espacio para ser llenado por el líquido. Cuando el engrane gira, el líquido es atrapado entre el diente y el cuerpo de la bomba y posteriormente liberado en la línea de descarga.

Las bombas rotatorias pueden manejar casi cualquier líquido libre de abrasivos y son especialmente indicadas para fluidos de altas viscosidades. Cierta acción lubricante del fluido disminuye el desgaste.

**Bombas de Engrane.** Las bombas de engrane son el tipo más simple de bomba rotatoria, en las bombas de engrane interno el líquido es introducido en el cuerpo de la bomba y queda atrapado entre el diente del rotor y la corona dentada. La forma creciente del cabezal de la bomba, divide el líquido y sirve como un sello entre las compuertas de entrada y de descarga.

El rotor y la corona dentada se engranan para formar un sello intermedio entre las compuertas de entrada y des-

carga.

Bombas lobulares. Esta bomba es similar a la bomba de engranes excepto en que los engranes son reemplazados por rotores, que tienen dos o más lóbulos. Ambos rotores están accionados externamente.

Bombas de aletas. Las bombas de aletas llevan varias aletas deslizantes insertadas en una flecha rotatoria. La fuerza centrífuga fuerza las aletas hacia afuera y mientras gira la flecha, el espacio entre las aletas se ensancha y arrastra el fluido hacia adentro. Este fluido es arrastrado entre las aletas y posteriormente forzado hacia afuera por la compuerta de descarga.

## 5.2 Compresores.

### 5.2.1 Compresores de Desplazamiento positivo.

Los compresores para gases pueden ser clasificados en compresores de desplazamiento positivo incluyen máquinas recíprocantes y rotatorias. Los gases son impulsados por medio de ventiladores y compresores.

Máquinas de desplazamiento positivo. Compresor recíprocante puede suministrar gas a presiones de unas cuantas libras a presiones sumamente altas, tales como de 35,000 lb/plg<sup>2</sup>.

Las características de los compresores recíprocos son las mismas que las de las bombas recíprocas, ya que constan de un pistón, un cilindro con válvulas apropiadas de entrada y salida y un cigueñal accionado externamente. Comúnmente se presentan operaciones de paso sencillo ó de paso múltiple, siendo general el uso de cilindros de doble acción.

El gas que va a ser comprimido entra y sale del cilindro a través de válvulas diseñadas para actuar cuando la diferencia de presión entre el contenido del cilindro y las condiciones exteriores es la deseada.

La eficiencia total de un compresor será el producto de la compresión y las eficiencias mecánicas. La eficiencia total de la mayoría de los compresores recíprocos varía entre 65 y 80 por ciento.

Compresores rotatorios. Este grupo de compresores se caracteriza por una descarga continua y casi uniforme de gas. Los principales tipos de compresores rotatorios son las lobuladas, las de paletas deslizantes y las rotatorias de pistón.

La compresora de paletas deslizantes resulta particularmente apropiada para operaciones de evacuación; en efecto, este compresor presenta una amplia gama de condiciones --

posibles de presión, vacío y volumen.

Los compresores lobuladas, impulsan el gas desde la entrada de succión hasta la descarga por la acción de los lóbulos. Dentro de la unidad se lleva a cabo una compresión muy pequeña; sin embargo, la compresión se presenta cuando el contenido es forzado dentro del sistema, accionando sobre la contrapresión del mismo. Este equipo requiere un ajuste muy cerrado de los lóbulos, por lo que el gas que está siendo arrastrado debe mantenerse libre del polvo e impurezas.

#### 5.2.2 Compresores Centrífugas.

La función principal de un compresor centrífugo, es aumentar la presión del gas que fluye a través de ella. Esto se lleva a cabo mediante la conversión de energía de velocidad en energía de presión, acelerando el gas conforme éste -- fluye radialmente hacia afuera desde la entrada, en una forma similar a la acción de una bomba centrífuga. Las compresoras centrífugas se encuentran disponibles en una amplia gama de capacidades, desde descargas de 200 pies cúbicos por minuto hasta succiones de 150,000 pies cúbicos por minutos, con presiones de salida hasta de 800 psig.

El compresor centrífugo consiste en un impulsor y una caja, similares a los de la bomba centrífuga y en su principio de operación es uno de los tipos de máquina más sencillos.

llo conocidos pra comprimir gas.

El gas entra al compresor centrífugo cerca del ojo del impulsor y es proyectado a una presión y velocidad alta, desde la punta del impulsor, hacia adentro de un difusor donde se termina la conversión faltante de velocidad, en pre -- sión. Los compresores centrífugos generalmente presentan pa - sos múltiples, para permitir la obtención de altas presiones de salida.

En la operación de pasos múltiples, el gas deja el difusor y entra a un diafragma que contiene aletas, las cua - les dirigen al gas hacia el ojo del siguiente impulsor. La - transferencia de energía al gas, conforme este se comprime, - origina que se caliente, por lo cual pueden colocarse canales de enfriamiento entre un paso y otro.

Compresores de flujo axial. Solo recientemente, es te tipo de compresores ha encontrado general aceptación en - operaciones industriales. Su uso se recomienda para grandes - volúmenes de entrada de gas. Estas máquinas son capaces de - manejar 860,000 pies cúbicos por minuto, con un diámetro de - aproximadamente la mitad del de un compresor centrífugo com - parable, con aproximadamente el mismo costo inicial. El com - presor axial presenta una eficiencia aproximadamente 10 por - ciento mayor que el compresor centrífuga equivalente.

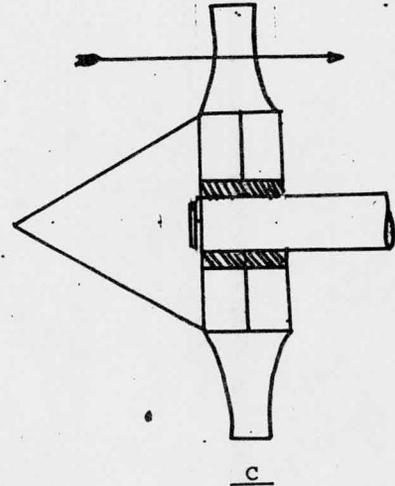
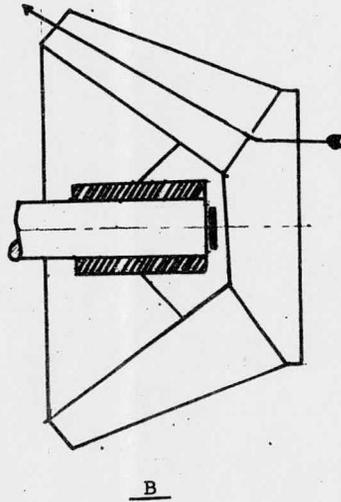
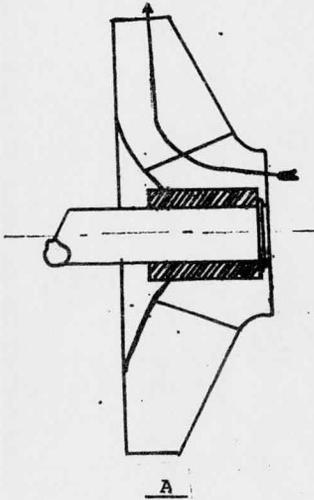
Los compresores de flujo axial, están diseñadas sobre la base de que la mitad del aumento de presión ocurre en la hoja del rotor y la otra mitad en la hoja del estator. Las hileras de hojas estacionarias sirven para aumentar, tanto la presión estática como la energía cinética, puesto que guían el aire hacia adentro de las hojas del rotor, actuando en este concepto como difusores. Se toma como una buena práctica el diseño para compresores de flujo axial, fijar las velocidades del aire en el orden de 400 pies/seg. En la mayor parte de los compresores de este tipo, la velocidad del gas entre paso y paso es prácticamente constante. Para obtener esta constancia, puesto que la presión aumenta en cada paso sucesivo, se requiere una pequeña area anular.

### 5.3 Ventiladores.

Los ventiladores se clasifican por la dirección del flujo de aire, en ventiladores de flujo radial los cuales impulsan el gas por acción centrífuga, mientras que los ventiladores de flujo axial presentan un flujo comprativamente simple, para lelo a la flecha del ventilador. En la tabla siguiente se presenta una clasificación sencilla de los ventiladores.

VENTILADORES

- a) VENTILADOR CENTRIFUGO
- b) " AXIAL
- c) " MIXTO



---

 Flujo centrífugo o radial

Flujo axial

Hojas rectas

impulsor

hojas curvadas hacia adelante

hojas curvadas hacia atrás

hojas con doble curvatura

---

En los ventiladores centrífugos, el tipo de aleta - influenciará el rendimiento.

El ventilador de aletas radiales, tiene una eficiencia media y la experiencia muestra que este diseño proporciona una sensibilidad a la presión estable. Este tipo presenta su aplicación ideal, en el transporte de gas que contiene sólidos en suspensión, debido a que la fuerza centrífuga tiende a mantener limpias las aletas.

El ventilador curvado hacia adelante es apropiado - para bajas velocidades y grandes volúmenes de gas. La eficiencia es media y funciona mejor con gases limpios.

Los ventiladores con hojas inclinadas hacia atrás, - representan un diseño reciente y se caracterizan por una alta curva de eficiencia y potencia. Estos ventiladores se usan -- principalmente para manejar gases limpios.

Los ventiladores con hojas inclinadas hacia atrás, -

representan un diseño reciente y se caracterizan por una alta curva de eficiencia y potencia. Estos ventiladores se usan -- principalmente para manejar gases limpios.

Los ventiladores centrífugos funcionan según el esquema teórico de la fig. 1a; son los más indicados para presiones fuertes y caudales débiles. Estos ventiladores aspiran el fluido lateralmente, a través de uno o varias aberturas y lo expulsan a una voluta que juega el papel de difusor.

### 5.3.2 Ventiladores de flujo axial.

Los ventiladores axiales (fig. 1c) son concebidos -- para bajas presiones y grandes caudales, el eje de la rueda -- se confunde con el eje de la canalización.

#### Teoría de los ventiladores.

Siempre que una sustancia gaseosa, tal como el ai -- re es inducida a moverse ocurrirán fuerzas contrarias, natu -- ralmente de manera análoga a las fuerzas contrarias que sur-- gen cuando un cuerpo sólido es movido. Pero en adición a la -- fricción, el movimiento de los gases da lugar a el surgimien -- to de fenómenos contrarios, tales como la turbulencia, si un -- gas estáfluyendo en un ducto, estos factores opuestos causa -- rán que la presión total baje gradualmente en dirección del -- flujo de gas.

Por lo tanto para inducir a un gas a fluir y para --

mantener su flujo es por lo tanto necesario generar una presión en algún lado del sistema para compensar con esto la caída de presión relacionada con el flujo.

La presión es usualmente generada por medio de un ventilador, en el que la potencia mecánica, en la forma de un torque aplicado a una flecha rotatoria, es convertido por medio de un sistema de hojas en flujo y un incremento de la presión de gas.

Este incremento de la presión a través del ventilador es usualmente baja, comparado con la presión absoluta del gas, de modo que el gas pueda ser considerado como que es incompresible. Sobre la base de esta consideración, la siguiente relación simple puede ser establecida.

$$\eta = \frac{q \cdot p_t \times 10^{-3}}{P_e}$$

Donde

q= flujo de gas a través de la entrada del ventilador m<sup>3</sup>/seg

P<sub>t</sub> aumento total de presión a lo largo del ventilador (pa)

P<sub>e</sub> potencia suministrada a la flecha del ventilador.

La potencia de salida puede ser expresada como

$$P_e = q \cdot P_t \quad (w) = q \cdot P_t \times 10^{-3} \text{ (Kw)}$$

Dos importantes parámetros de los ventiladores han sido anteriormente mencionados y estos son el flujo de gas  $q = m^3/\text{seg}$  y el aumento total de presión  $P_t = (p_a)$ ,

La conversión puede ser llevada a cabo por medio de la ecuación característica de un gas, lo que generalmente puede ser escrita como:

$$P_a \cdot V = \epsilon RT$$

Donde

$P_a$ .- presión absoluta.

$V$ .- volúmen del gas.

$\epsilon$ .- peso del gas.

$R$ .- constante universal de los gases.

$T$ .- Temperatura absoluta.

El aumento total de presión a través del ventilador indica la diferencia entre las presiones totales, corriente arriba y corriente abajo, de el ventilador.

$$P_t = P_{t2} = P_{t1}$$

Donde  $P_{t1}$  y  $P_{t2}$  son las presiones en relación a la atmósfera de los alrededores.

La presión total  $P_t$ , consiste de la presión estáti

ca  $P_s$  y la presión denominada  $P_d$  que es dependiente de los ventiladores del gas.

$$P_t = P_s + P_d$$

$P_s$ .- Es la presión que es ejercida por el movimiento molecular de el gas, sin importar la velocidad de el flujo del gas, mientras que  $P_d$  representa la presión adicional correspondiente a la velocidad del flujo del gas.

Así tenemos que en el momento de elegir un ventilador después de haber determinado el caudal y la presión, deben consultarse las curvas características establecidas por el constructor y anotar, para cada tipo de máquina, el rendimiento y la velocidad correspondiente al caudal y presiones deseadas. A partir de este momento se debe tener en cuenta que: La economía de potencia conduce a elegir el rendimiento más elevado; las dimensiones y el precio de costo serán tanto más bajos cuanto más sobrepase el caudal al correspondiente a un rendimiento máximo.

Los rendimientos máximos son:

Ventiladores centrífugos ..... 0.6 a 0.7

Ventiladores axiales ..... 0.9

Ventiladores helicocentrífugos. 0.2 (aprox.)

## 5.4 Sopladores

### 5.4.1

#### SOPLADORES ALTA PRESION

Los sopladores de alta presión de construcción normal están constituidos por una caja de fundición o de chapa y un rotor propulsor constituido igualmente con chapa de acero directamente fijado en el extremo libre del eje del motor. El espacio ocupado por estos sopladores es muy reducido. -- Para casos especiales se construyen también con soportes propios para un acoplamiento directo con un electromotor o para ser accionados con correatransmisora.

Estos sopladores se emplean en los hornos de cubilote, fraguas hornos de crisol, gasógeno, quemadores de gas o de aire, etc., así como para galerías o túneles. Algunos se construyen de materiales especiales (cobre, aluminio, plomo duro, madera, aceros, cromo).

### 5.4.2

#### Sopladores de media presión

Los sopladores de presión media con de construcción semejante a los de baja presión. Se utilizan principalmente en las instalaciones de impulsión de aire por abajo del emparillado o de tiro por succión en los hogares de las calderas de vapor, hornos de cal y otras clases de hornos especiales.

### 5.4.3 Sopladores de baja presión.

Los sopladores de baja presión están generalmente provistos de un reducido número de elementos (carcaza difusora, -- rotor, eje, soporte y cojinete) que puede ser montado, según el principio de la caja de construcción, en todas las disposiciones y posiciones deseadas; en muchos incluso pueden ser montados a pie de obra.

### 5.5 Tubería clasificada en base al material de construcción.

Tuberías de hierro y acero dulce o forjados.

Las dimensiones y los pesos de las tuberías de hierro y aceros dulces o forjados de 1/8 a 30 pulgadas = 3.2 a 762mm de diámetro han sido ya normalizadas por la American Standards Association como A.S.A. Standard B36.10 el sistema de clases -- conocidos con las denominaciones de "peso standard", "extra -- fuerte" y "doble extra fuerte" ha sido sustituido por las listas de pesos y espesores de las cuales la de paredes más delgadas es la 10 y la demás gruesa, de 160. Los pesos para el acero y el hierro dulce son idénticas en los tamaños hasta 12 --- pulg. = 305mm, inclusive aunque el espesor nominal de la pared de los dos materiales se ha ajustado ligeramente para compensar la pequeña diferencia de sus densidades.

Tubos de acero.- Los tubos de acero sin costura para

servicios especiales se hacen en una gran variedad de formas, diámetros y espesores de pared, y de muchas composiciones metálicas.

Dos clasificaciones de estos tubos son de presión y mecánicos aunque ambas se solapan y algunos tubos no caen dentro de ninguna de esas clases. En lo que respecta al espesor de pared o calibre, existen dos convenciones: El Calibre especificado puede indicar. 1).- El espesor mide de la pared- 2.- El espesor mínimo de la pared, puesto que las medidas normalizadas se pueden adquirir sobre ambas bases, debe especificarse siempre la que se emplea. Los tubos de presión para caldera, condensadores, cambiadores de calor, se fabrican por lo general con un diámetro exterior de 1/4 a 2 pulg. 6.35 a 5.08 mm y espesor de pared que varía de 20 a 9 B.W.G.

Las dimensiones, las capacidades y los pesos de los tubos comunmente usados se dan en la tabla para condensadores y cambiadores de calor.

Diam. exterior (pulg.)	espesor de la pared (mm)	diámetro interior (mm)
11/2	4.57	28.96
	4.19	29.72
	4.76	30.58
13/4	4.57	35.31
	4.19	39.07
	3.76	36.93

Velocidad m/seg	Capacidad a la velocidad de lm/seg.	Peso por m. Kg.
0.0253	2368.0	4.14
0.0240	2496.0	3.82
0.0227	2641.0	3.48
0.0171	3506.0	4.91
0.0163	3674.0	4.55
0.0156	3841.0	4.12

Tubo mecánico. Se encuentra en el mercado en muchos tamaños y espesores de pared desde 1/16 de pulg. -1.59 mm de diámetro exterior y pared de 36 B.W.G. a 10 3/4 pulg. = 273.05 mm de diámetro exterior y pared de 15/8 pulg = 41.275-mm. Los aceros usuales son S.A.E. 1015,1020,1025 y 1045.

Tubos comunes y para servicio especial de acero -- inoxidable. Bajo esta clasificación se incluyen los análisis como 12,18 y 24% de cromo, 18 por ciento de cromo y 8 por ciento de níquel que se utilizan para fabricar tubos comunes o para servicios especiales, por lo general sin costura, pero también se hacen soldados en la mayoría de los tamaños, las normas y los costos se basan en el tubo de 18-8 se encuentra en el mercado tubos corrientes de los pesos estándares y extra fuertes desde 1/8 a 8 pulg. = 3.175 a 203.2 mm y el peso doble extrafuerte desde 1/2 a 2 pulg. = 12.7 a 50.8 mm.

Tubería de fundición.- La tubería de fundición se emplea para conducir diferentes fluidos y se adaptan muy bien

para su empleo bajo tierra o agua.

Suelen ir revestidos por dentro y por fuera de algún material, como alquitrán, asfalto o cemento cuando las condiciones bajo las cuales funcionan las exponen a la corrosión o a la modulación.

Tubos comunes y para servicios especiales de aluminio. Se encuentran en el mercado tubos comunes para servicios especiales sin costura en unas 17 aleaciones de aluminio y diferentes revenidos, variando la resistencia de cada una en el intervalo de temperatura de trabajo (hasta 500 y 600 °F).

Tubos comunes y para servicios especiales de cobre y sus aleaciones. Pueden obtenerse en el mercado en una gran variedad de diámetros y tamaños. Los tubos de cobre y sus aleaciones se fabrican en los tamaños de las tuberías de hierro, llamados también tamaños normalizados, estos tubos resisten en muchos casos mejor la corrosión que los de hierro.

La presión de trabajo puede calcularse por la fórmula:

Límite de

seguridad

de presión de =  $\frac{\text{resistencia a la tracción} \times \text{espesor de pared}}{\text{radio del tubo} \times \text{coeficiente de seguridad}}$   
trabajo

La resistencia a la tracción del cobre es de unos - 2,100 kg/cm<sup>2</sup> y del latón de unos 2800 kg/cm<sup>2</sup>, el radio del tubo es la mitad del diámetro interior en cms.

Es corriente emplear un coeficiente de seguridad de 6 basada en la resistencia máxima o de ruptura.

Tubos de plomo y revestidos de plomo, el tamaño nominal es el diámetro interior efectivo, para los tamaños de 3/8 a 2 pulgs. 9.5 a 50.8mm los diferentes espesores de pared para un tamaño nominal dado, se clasifican con distintas letras en el este y oeste de Estados Unidos, las letras del oeste representan xl extraligero, ll ligero, m mediana y s fuerte xxs doble extrafuerte, para este siguen un orden alfabético, los pesos se dan en función de un peso específico.

11.34 para el plomo blando para ácidos y productos-químicos, el peso específico del plomo antimonio es como sigue:

% de antimonio	peso específico	multiplíquese el peso dado por:
3	11.1	0.83
4	11.0	0.83
6	10.9	0.81
10	10.6	0.79
12	10.5	0.79

Tabla del peso dado diámetro interior	Clasificación		diámetro exterior
	este	oeste	

3/8	D	XL	13.95
	C	L	14.60
	B	M	16.03
1/2	D	XL	16.92
	C	L	18.08
	B	M	19.20

Espesor de pared	Peso por m, Kg
------------------	----------------

2.21	0.94
2.56	1.12
3.25	1.49
2.11	11.12
2.69	1.49
3.25	1.94

Las presiones de seguridad de trabajo a diversas --  
temperaturas de funcionamiento se calculan partiendo de la --  
fórmula:

$P = 2ST/D$ , en la que

P= presión de seguridad de trabajo, kg/cm<sup>2</sup>

S= tracción máxima admisible en la dirección de las fibras,  
en kg/cm<sup>2</sup>.

T.- espesor de la pared de la tubería.

D.- diámetro interior de la tubería, cm.

Tubos comunes de asbesto-cemento.

Con cemento portland y asbesto se fabrican tubos sin costura, por lo general con los extremos lisos, el tubo de este material es resistente a la corrosión y encuentra aplicaciones especiales en la conducción de fluidos relativamente corrosivos, tiene su superficie interior lisa y como no es metálico está exento de tuberculización.

- (1) Principio de Operaciones Unitarias  
A.S. Foust  
L.A. Benzel  
Págs. 585-635
- (2) Manual del Ingeniero Químico  
Perry  
Págs. 555-685
- (3) Pumps Selector For Industry  
Werthington Corporation.

## C A P I T U L O VI

### A P E N D I C E

Construcción de gráficas.

Gráfica.- Representación analítica de un modelo - de resultados.

Las gráficas construidas a continuación tienen -- por objeto determinar el costo de un equipo (bombas, compresores, ventiladores, tubería) de acuerdo con su capacidad, - dependiendo de parámetros como: Diámetro de descarga, material de construcción, espesor, diámetro interno.

La construcción de gráficas se efectuó con datos -- investigados en el segundo semestre de 1978. Si se deseara hacer la proyección para años posteriores tendríamos que -- hacer uso de los índices nacionales del precio al consumi-- dor publicados en la literatura.

BOMBA (\$ motor vs potencia del motor)

	X	Y
1)	5.0	12,750
2)	7.5	17,408
3)	15.0	29,419

Tipo de curva más probable:

$y = a (x \text{ ex } b)$  parabólica simple (papel log log)

Donde:

$a = 3752.85$

$b = .760$

Factor de regresión = .999

Pendiente = .761

Bomba con cople y base (Fierro) (\$ vs Ø de descarga)

	X	Y
1	1.0	19,200
2	1.5	21,380
3	2.0	29,607
4	3.0	33,000

Tipo de curva más probable:

$Y = a(X \text{ ex } b)$  parabólica simple

Donde:

$a = 18768.128324$

$b = .533966$

Factor de regresión = .959627

$y = ax^b$

$Y = 18768.1 \quad x \quad .534$

$$\log y = \log a + b \log X$$

$$\text{Pendiente} = 0.534$$

Papel log log.

Bomba con cople y base, acero inoxidable (\$ vs Ø de des  
carga)

	x	y
1	1.0	52,185
2	1.5	52,383
3	2.0	59,918
4	3.0	80,218

Tipo de curva más probable:

$$Y = a(E^{bx})$$

Donde:

$$a = 39235.823969$$

$$b = .228365$$

$$\text{Factor de regresión} = .966226$$

$$Y = a e^{bx}$$

$$Y = 39235.8 e^{.228 x}$$

$$\log y = \log a + (b \log e) x$$

papel semilog

$$\log e = 0.4342$$

$$n = 0.2283 \log e$$

$$\text{Pendiente} = 0.0991$$

## COMPRESOR (\$ vs HP. MOTOR)

	X	Y
1	30.0	240,000
2	40.0	307,000
3	50.0	412,000

Tipo de curva más probable:

$$y = a (E \text{ ex } b)$$

Donde:

$$a = 105854.74$$

$$b = 0.0270$$

Factor de regresión = 0.998

Pendiente = 0.027 loge

$$= 0.011$$

## COMPRESOR (\$ vs Hp motor)

	x	y
1	75.0	412,000
2	100.0	637,000
3	150.0	720,000
4	200.0	820,000

Tipo de curva más probable:

$$y = x/(a + bx)$$

Donde:

$$a = 0.000137$$

$$b = 0.000$$

Factor de regresión = 0.944

Pendiente = 7142.85

TUBERIA.

	X	Y
1	0.125	12.70
2	0.250	13.30
3	0.375	14.80
4	0.500	18.80

Tipo de curva más probable:

$$Y = a (E^{bx}) \text{ Exponencial simple}$$

Donde:

$$a = 11.525$$

$$b = .604$$

Factor de regresión = 0.957

Pendiente = 0.338

TUBERIA.

	X	Y
1	0.188	802.85
2	0.219	865.95
3	0.250	929.00

4	0.281	1036.35
5	0.312	1130.55

Tipo de curva más probable:

$$Y = a (E^{bx})$$

Donde:

$$a = 471.09$$

$$b = 2.787$$

Factor de regresión = 0.996

Pendiente = 0.2 X Loge

$$= .086$$

#### TUBERIA.

	X	Y
1	0.125	15.70
2	0.250	17.20
3	0.375	19.20
4	0.500	20.00
5	0.750	25.90

Tipo de curva más probable:

$Y = a (E^{bx})$  Exponencial simple (papel semi  
log)

Donde:

$$a = 14.127$$

$$b = .781$$

Factor de regresión = 0.991

Pendiente = 0.781 X loge

= 0.265

SOPLADORES.- Serie 500

	X	Y
1	1.0	250.0
2	3.0	300.0
3	5.0	350.0
4	10.0	650.0
5	15.0	900.0

Tipo de curva más probable:

$y = a (E \text{ ex } bx)$  Exponencial simple - -

(papel semi log)

Donde:

$a = 227.032$

$b = 0.095$

Factor de regresión = 0.994

Pendiente = 0.095 Loge

= 0.041

SOPLADORES.- Serie 3000

	X	Y
1	5.0	650.0
2	10.0	800.0

3	15.0	950.0
4	20.0	1150.0
5	30.0	1600.0

Tipo de curva más probable:

$Y = a (E \text{ ex } bx)$  Exponencial simple (papel semi log)

Donde:

$$a = 552.757$$

$$b = 0.0358$$

Factor de regresión = 0.999

Pendiente = 0.0358 x Loge

$$\text{Loge} = 0.434$$

Pendiente = 0.016



SOPLADORES.- Serie 300

	x	y
1	5.0	420.0
2	7.5	440.0
3	10.0	460.0

Tipo de curva más probable:

$y = a x + b$  recta (papel milimétrico)

Donde:

$$a = 8.0$$

$$b = 380.0$$

Factor de regresión = 1.0

Pendiente = 8.0

VENTILADORES.

	x	y
1	90.0	59,190
2	100.0	61,156
3	112.0	83,002
4	125.0	97,906
5	140.0	113,640
6	160.0	132,668

Tipo de curva más probable:

$Y = a x + b$  Recta ( papel milimétrico)

Donde:

$$a = 1114.338$$

$$b = 43760.309$$

Factor de regresión = 0.992

Pendiente, = 1114.3

VENTILADORES.

	x	y
1	25.0	69,494
2	31.0	115,050
3	40.0	125,852
4	50.0	145,990

5	63.0	252,458
6	71.0	272,154
7	80.0	328,880
8	90.0	369,150
9	100.0	405,792

Tipo de curva más probable:

$Y = a x + b$  Recta (papel milimétrico)

Donde:

$$a = 4578.91$$

$$b = 48175.58$$

Factor de regresión = 0.991

Pendiente, = 4578.9

#### VENTILADORES.

	x	y
1	10.0	17,968
2	12.0	20,096
3	16.0	25,652
4	20.0	29,688
5	25.0	25,384

Tipo de curva más probable:

$Y = a ( x \text{ ex } b )$  Parabólica simple (papel log -  
log)

Donde:

$$a = 3195.064$$

$$b = .746492$$

$$\text{Factor de regresión} = 0.999$$

$$\text{Pendiente, } m = 0.7465$$

Bomba Centrífuga  
 Con Cople y Base ( Acero Inoxidable)  
 (Costo en miles de pesos con res-  
 pecto al diámetro de descarga en  
 pulgadas)

Ecuación

Exponencial Simple

$$y = ac^{bx}$$

$$\log y = \log a + \log x$$

$$m = 0.0991$$

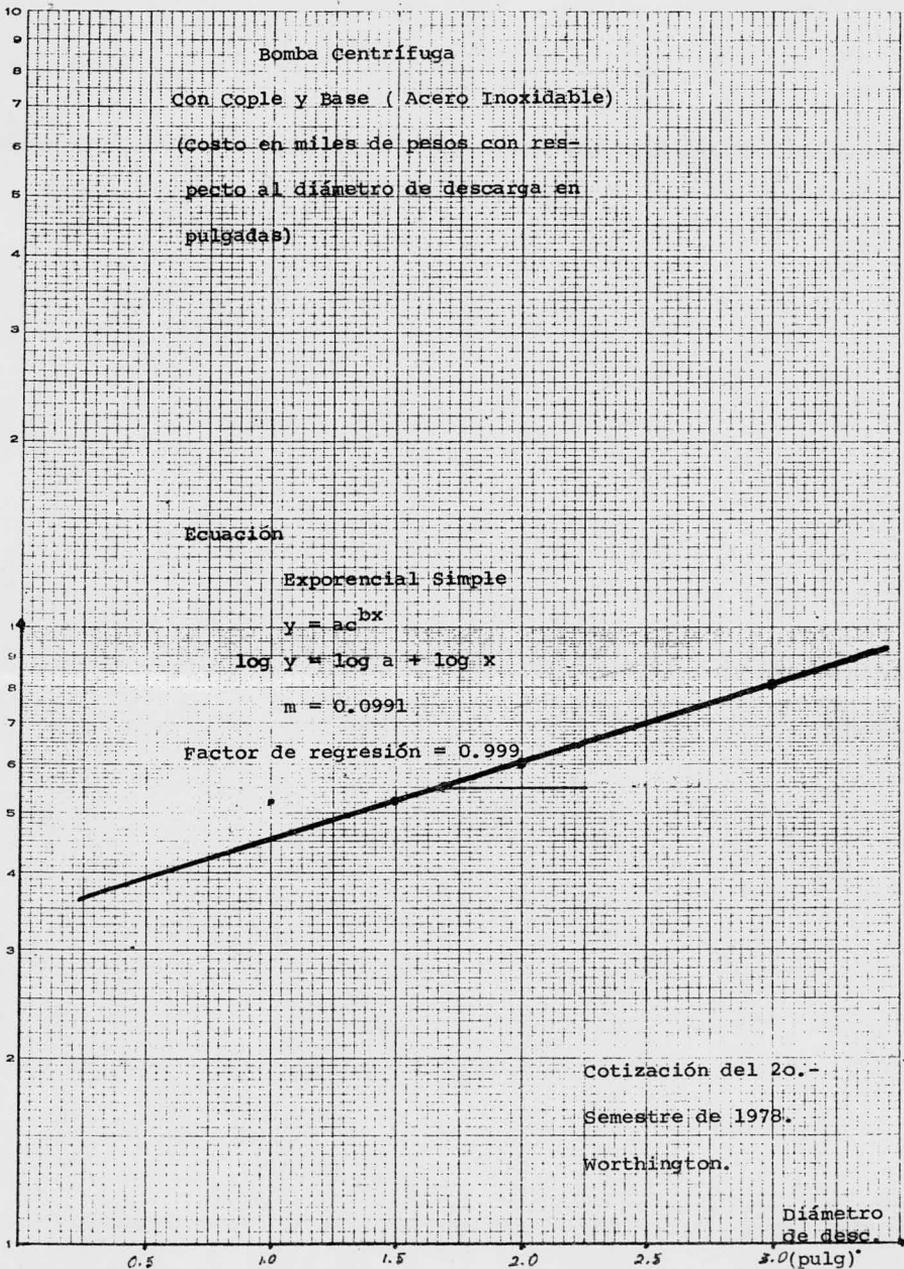
Factor de regresión = 0.999

Cotización del 2o.-  
 Semestre de 1978.  
 Worthington.

Diámetro  
 de desc.  
 3.0(pulg)

EUGENE DIETZEN CO.  
MADE IN U.S.A.

NO. 341-1212 DIETZEN GRAPH PAPER  
SERIAL-DIGITIZING  
2 CYCLES X 12 DIVISIONS PER INCH



\$ Miles de Pesos.

Bomba Centrífuga (fierro)

(Costo del Motor en miles de Pesos.

Con respecto al diámetro de descarga (pulgadas).

Ecuación

$$y = ax^b$$

$$\log y = \log a + b \log x$$

$$y = 18768.1 x^{.534}$$

$$m = .534$$

Factor de regresión-

$$= 0.959$$

Cotización del 26.-

Semestre de 1978.

Worthington

Ø de descarga (pulg).

\$ Miles de Pesos

85

Bomba Centrífuga (fierro inox)

(Costo del Motor en Miles de Pesos con respecto a la potencia del Motor).

Ecuación:

$$y = ax^b$$

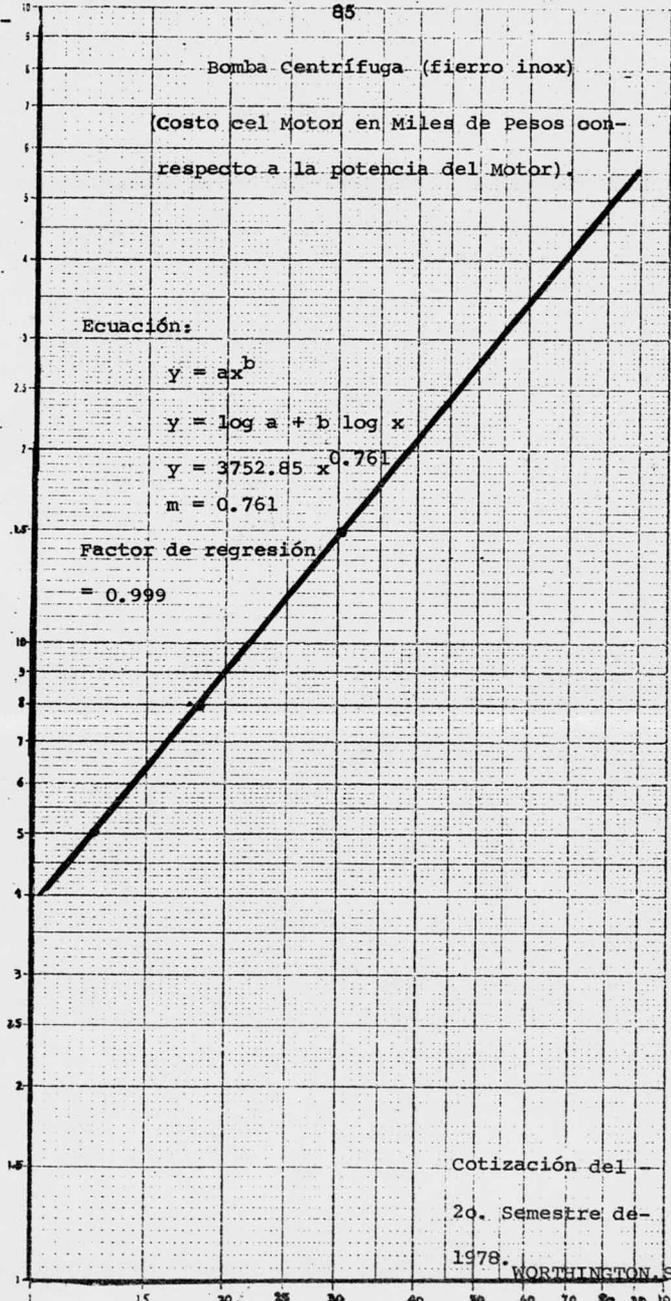
$$y = \log a + b \log x$$

$$y = 3752.85 x^{0.761}$$

$$m = 0.761$$

Factor de regresión

= 0.999



Cotización del  
2o. Semestre de  
1978.

WORTHINGTON S.A.

Potencia (HP)

122417912 2.1.1.12115 AL 214.17  
20. FOTOCOPIADO DE UNIFORME DE MEDIDAS ESTADÍSTICAS - BARRA N.º 7  
1978

Compresor Reciprocante.

(Costo del Compresor en miles de Pesos.  
Con respecto a la potencia del Motor.)

Ecuación

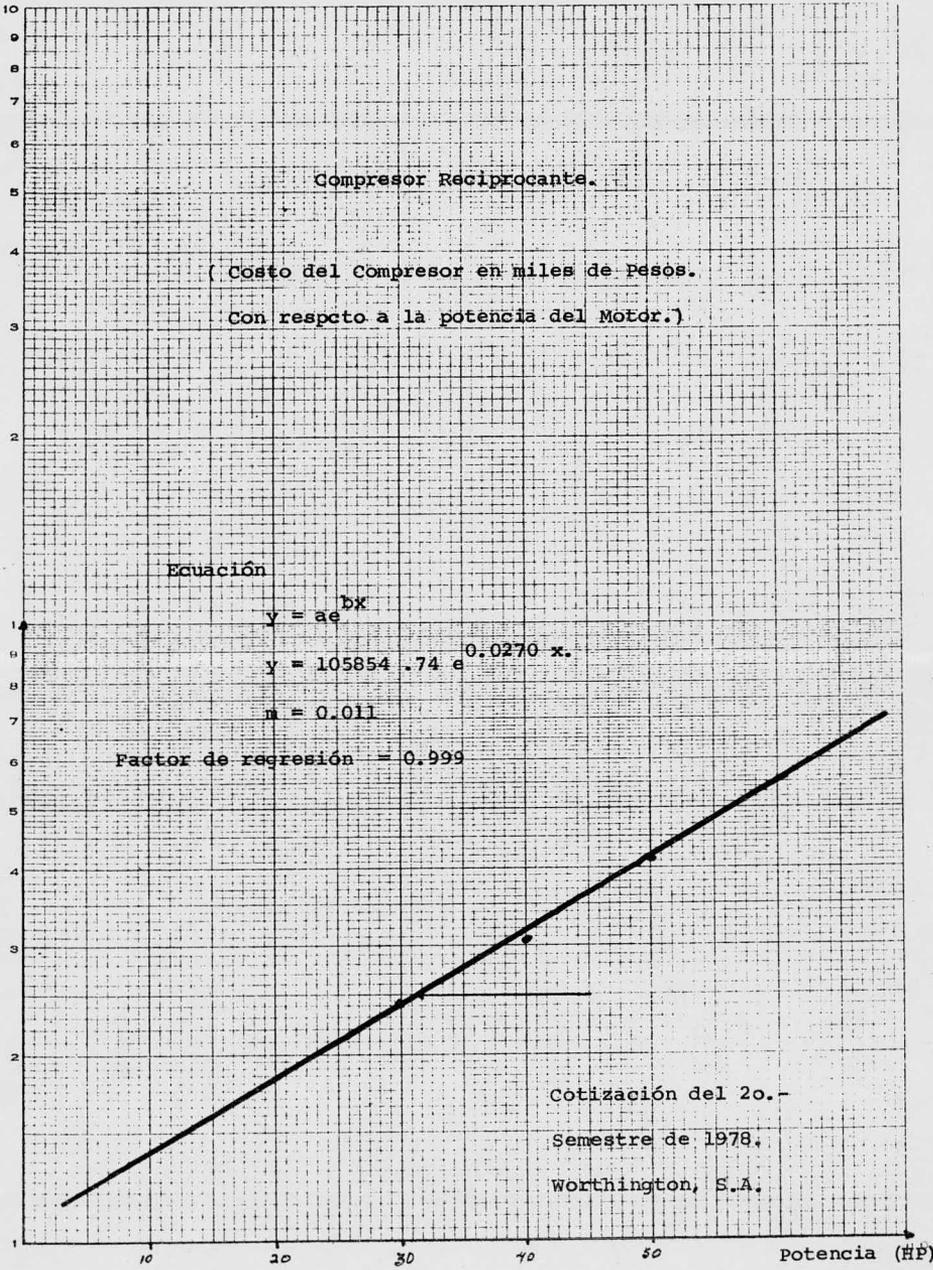
$$y = a e^{bx}$$

$$y = 105854.74 e^{0.0270 x}$$

$$n = 0.011$$

$$\text{Factor de regresión} = 0.999$$

Cotización del 2o.-  
Semestre de 1978,  
Worthington, S.A.



EUGENE DIETZGEN CO.  
MADE IN U. S. A.

NO. 341-1212 DIETZGEN GRAPH PAPER  
SEMI-LOGARITHMIC  
2 CYCLES X 12 DIVISIONS PER INCH

Compresor Recíprocante

( Costo del compresor en miles de pesos  
con respecto a la potencia del Motor)

Ecuación:

$$y = \frac{a + b \cdot x}{x}$$

$$y = \frac{0.00014 \cdot x}{x}$$

$$y = 0.00014 = x$$

$$y = 7142.85^x$$

$$m = 7142.85$$

Factor de regresión = 0.991

$\times 10^5$   
15.0

10.0

5.0

50.0

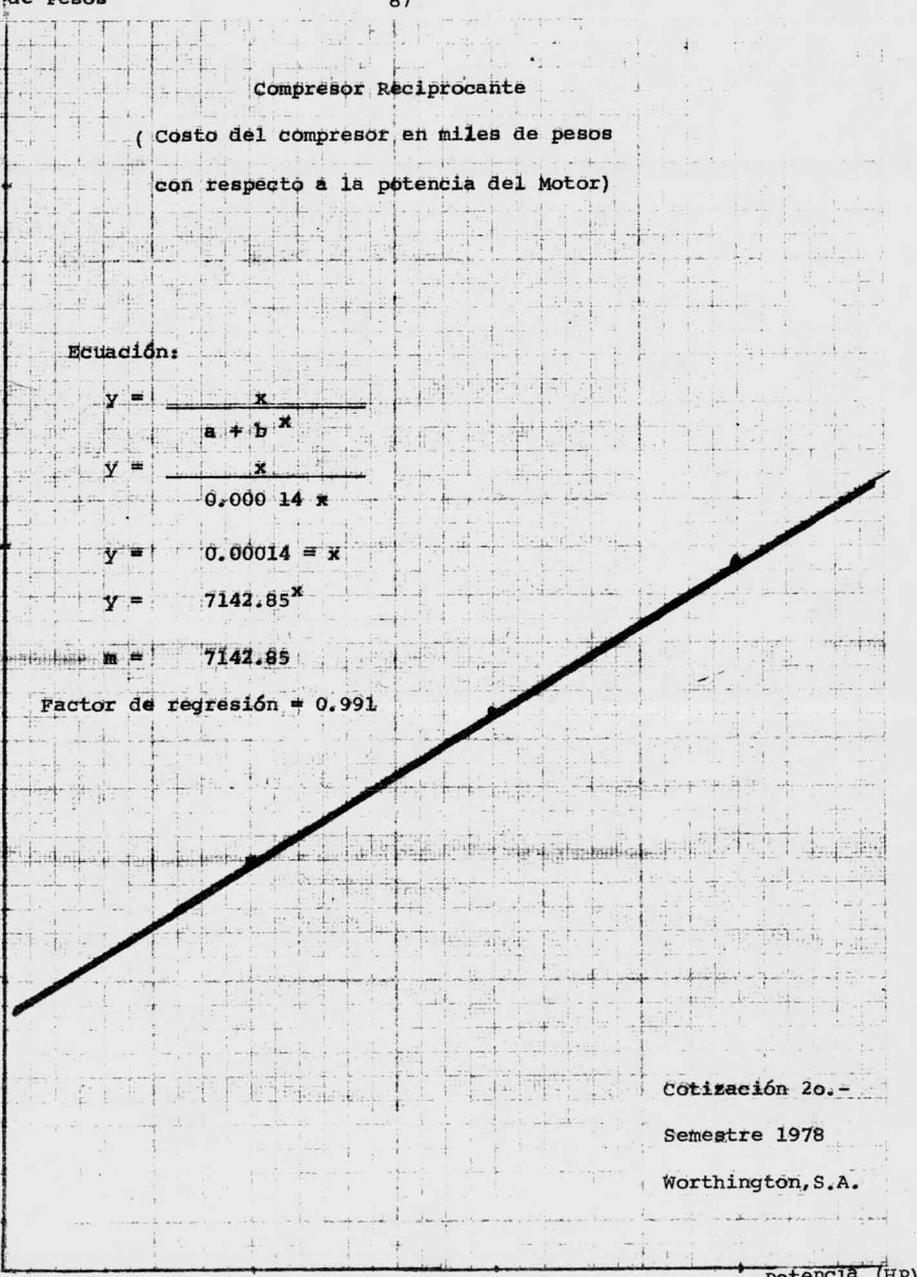
100.0

150.0 Potencia (HP)

Cotización 2o.-

Semestre 1978

Worthington, S.A.



Costo del ventilador en Miles de Pesos.

Ventilador M K M B-1

(Costo del Ventilador en miles de Pesos con respecto al Tamaño del ventilador)  
Sin motor y accesorios.

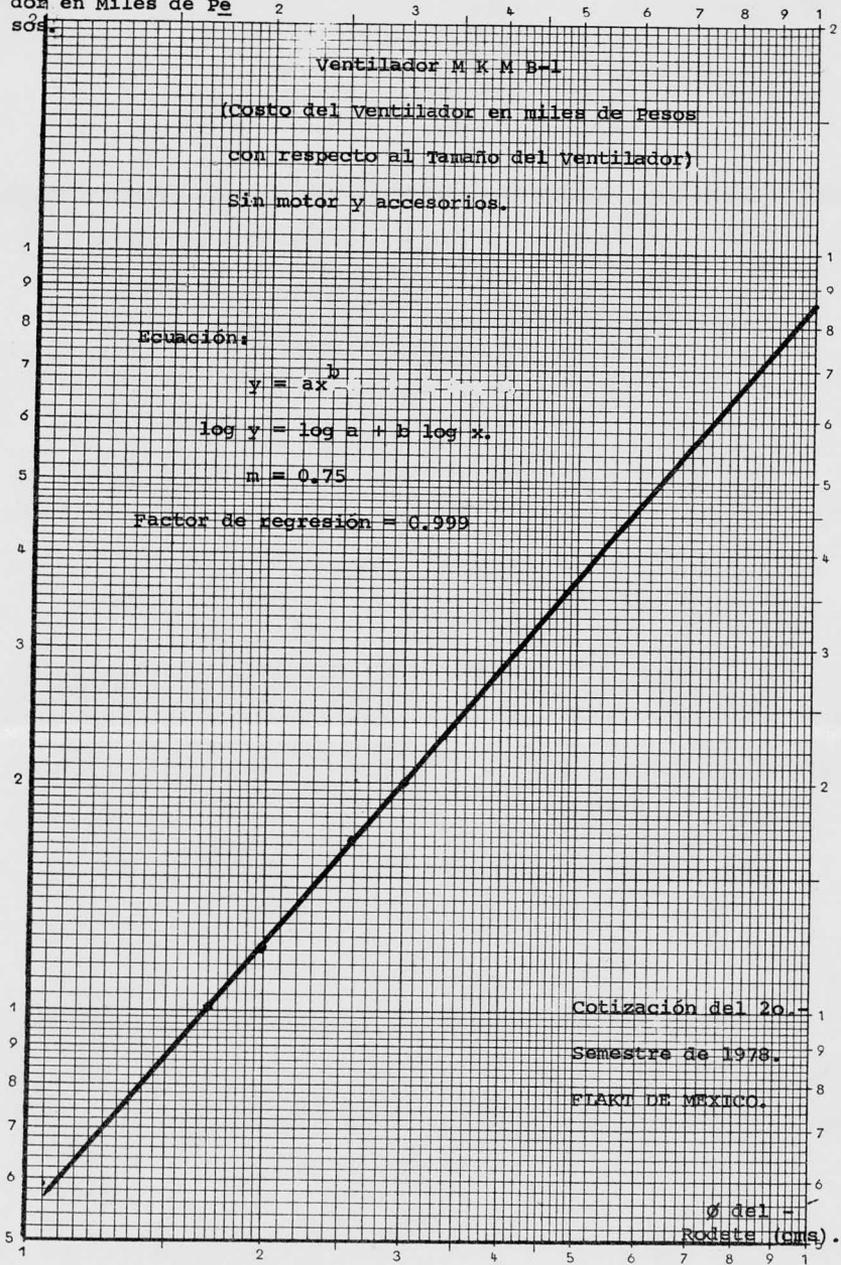
Ecuación:

$$y = ax^b$$

$$\log y = \log a + b \log x.$$

$$m = 0.75$$

Factor de regresión = 0.999



Cotización del 2o. -  
Semestre de 1978.  
FIAT DE MEXICO.

Ø del -  
Rodete (cms).

*ang*

Ventilador M K M P - 3 (Centrífugo)

(Costo del Ventilador en miles de Pesos -  
con respecto al Tamaño del Ventilador -  
Sin motor y accesorios).

Ecuación:

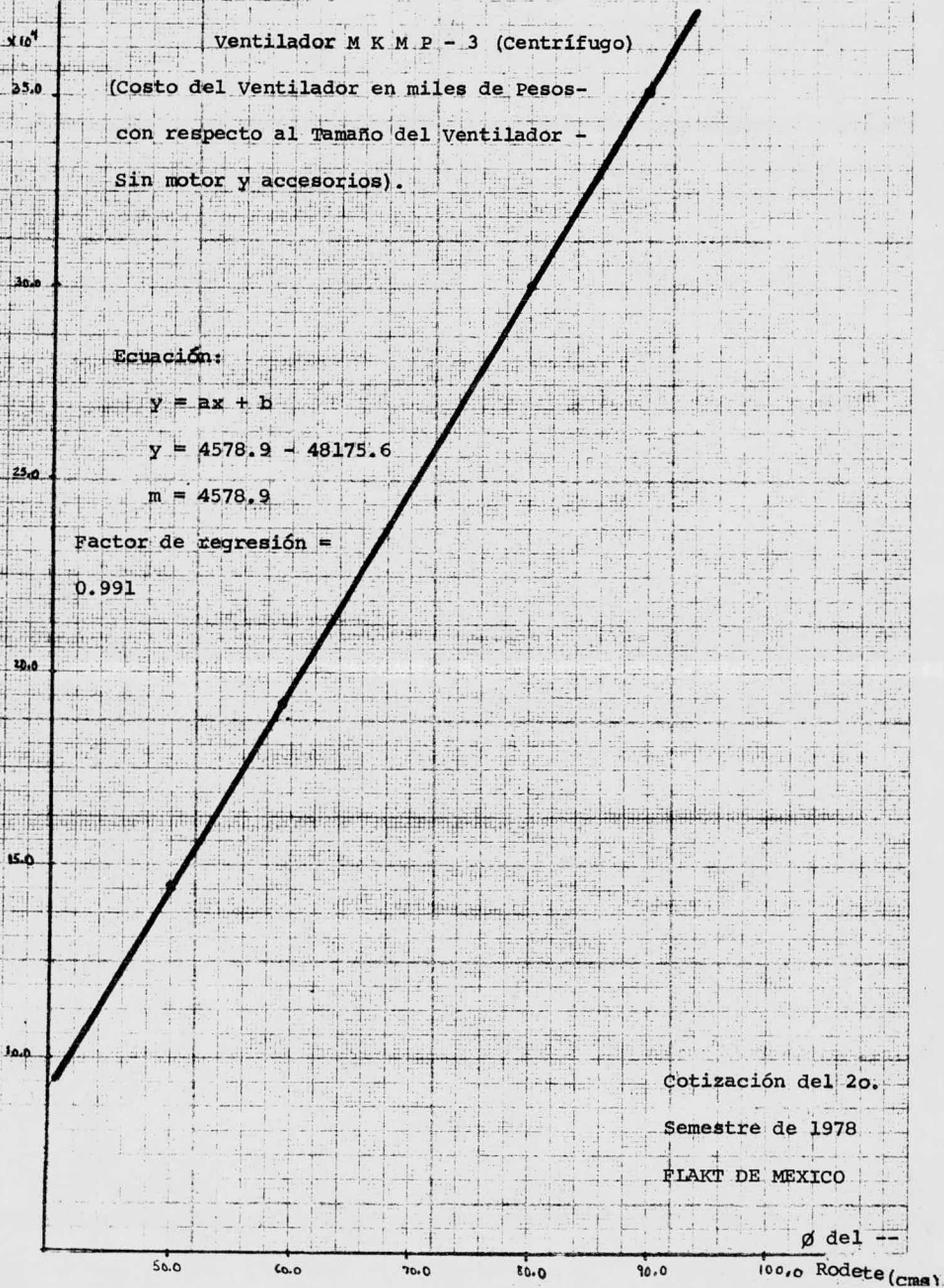
$$y = ax + b$$

$$y = 4578.9x - 48175.6$$

$$m = 4578.9$$

Factor de regresión =

0.991



Cotización del 2o.

Semestre de 1978

FLAKT DE MEXICO

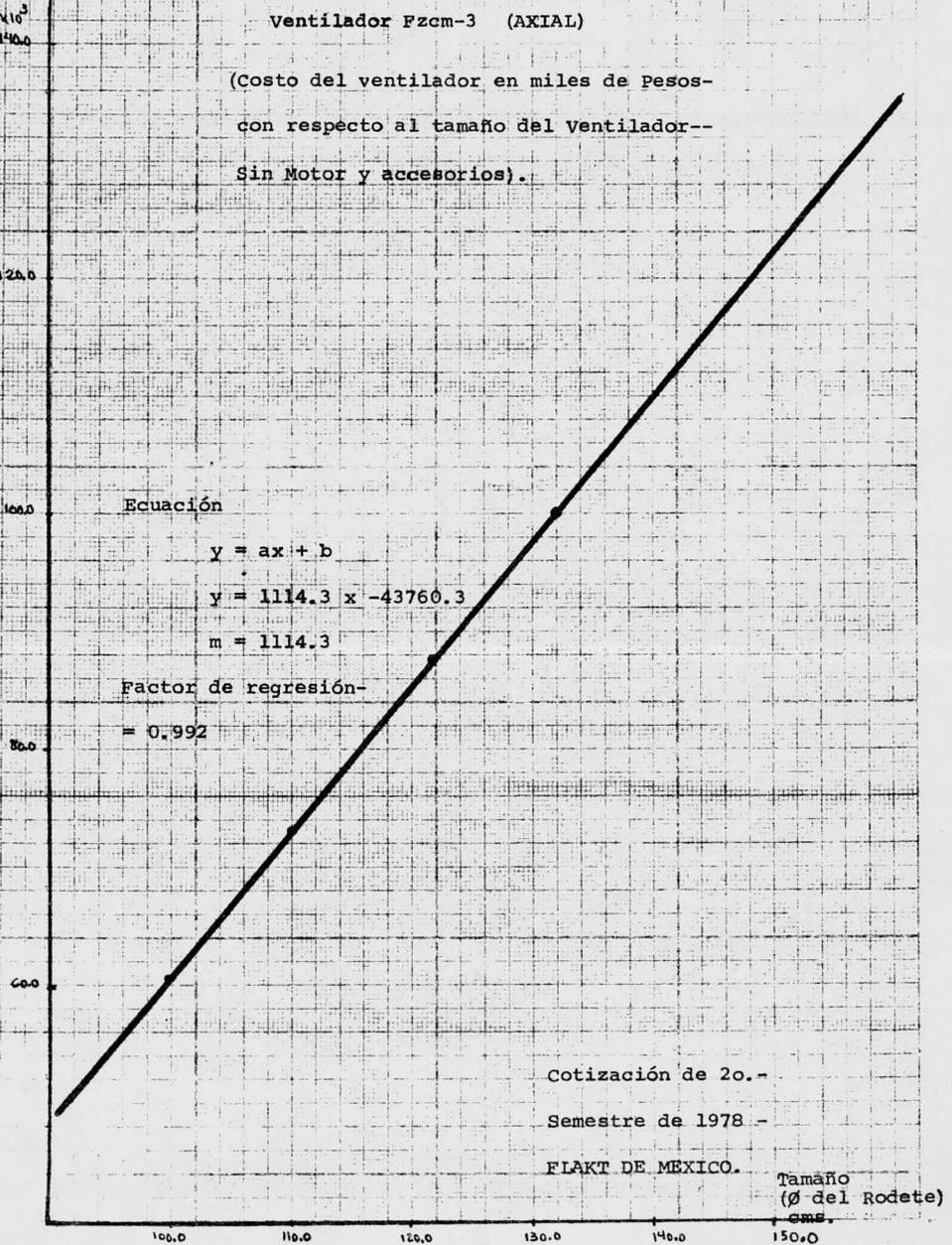
Ø del --

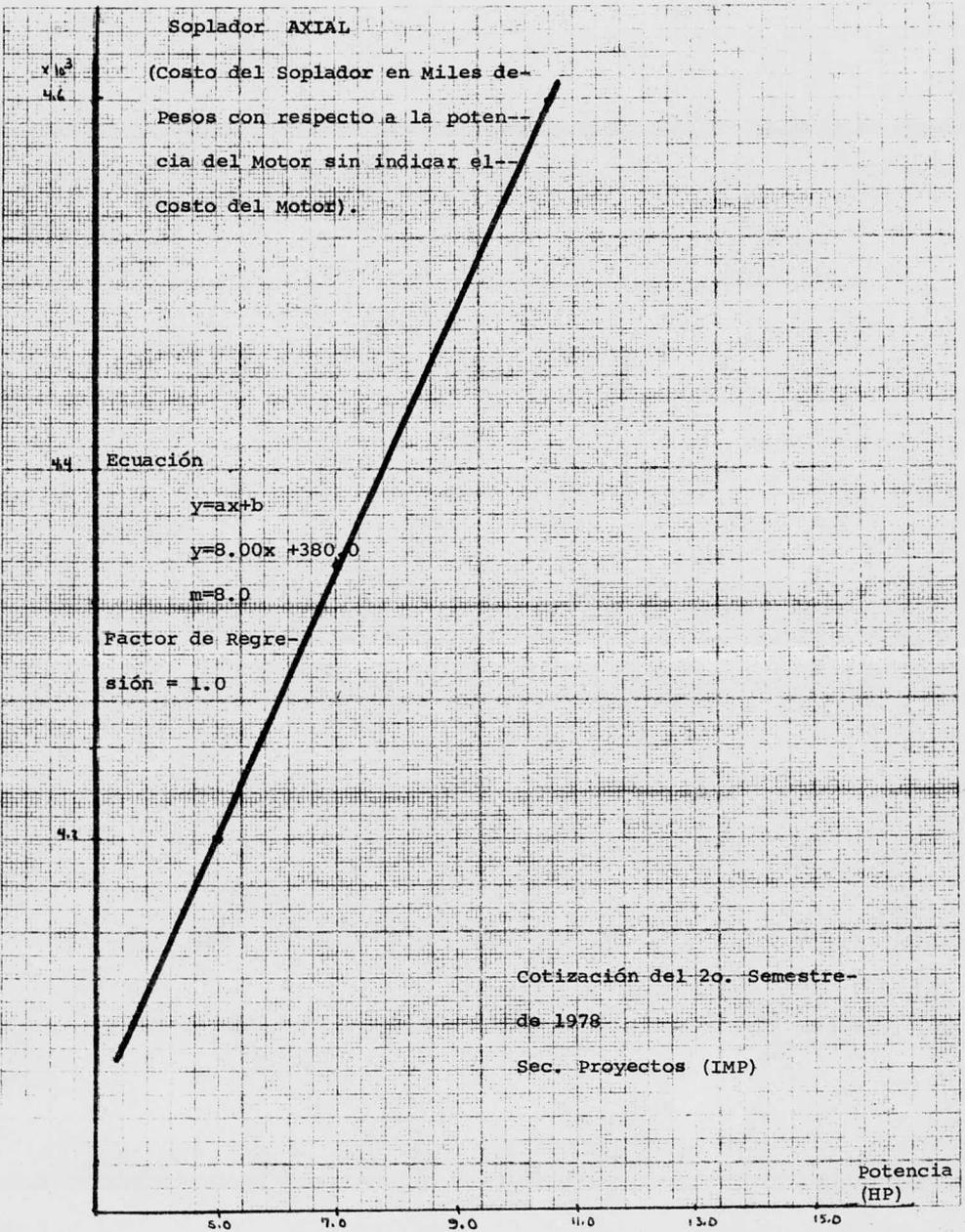
\$ Ventilador  
Miles de Pesos

90

Ventilador Fzcm-3 (AXIAL)

(Costo del ventilador en miles de Pesos--  
con respecto al tamaño del ventilador--  
Sin Motor y accesorios).





Soplador Centrífugo.

(Costo del Soplador en miles de Pesos.

Sin indicar el Costo del Motor con respecto a la potencia del Motor.

Ecuación

Exponencial Simple

$$y = ae^{bx}$$

$$y = 227.03 e^{-.075 x}$$

$$m = .095 \log e$$

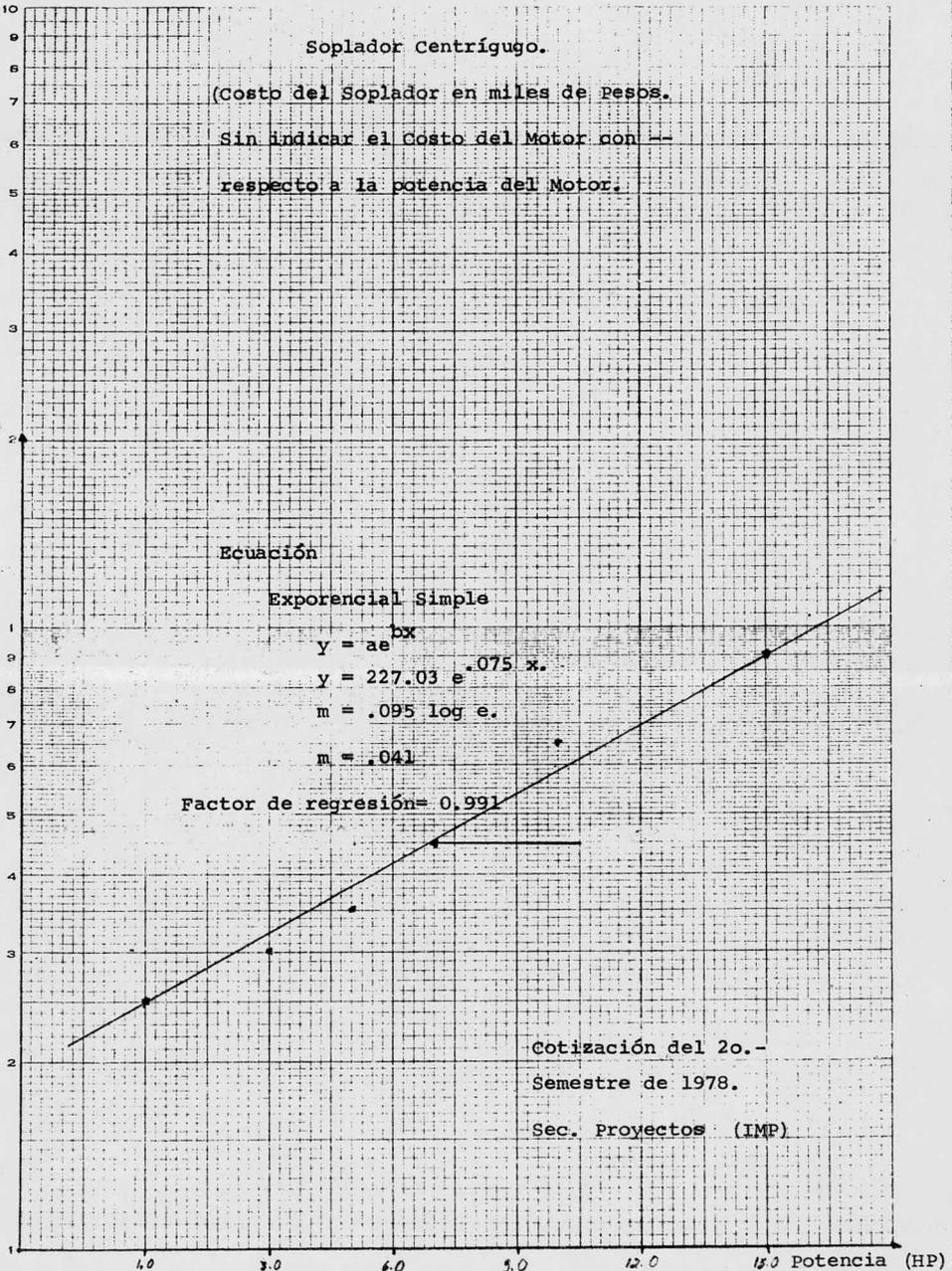
$$n = .041$$

Factor de regresión= 0.991

Cotización del 2o.-

Semestre de 1978.

Sec. Proyectos (IMP)



EUGENE DIETZEN CO.  
MADE IN U. S. A.

NO. 341-L212 DIETZEN GRAPH PAPER  
SEMI-LOGARITHMIC  
2 CYCLES X 12 DIVISIONS PER INCH

Soplador Centrifugo

(Costo del Soplador en Miles de Pesos.

Sin indicar el Costo del Motor con --  
respecto a la potencia del Motor).

Ecuación:

Exponential Simple

$$y = ae^{bx}$$

$$y = 552.8 e^{.036 x}$$

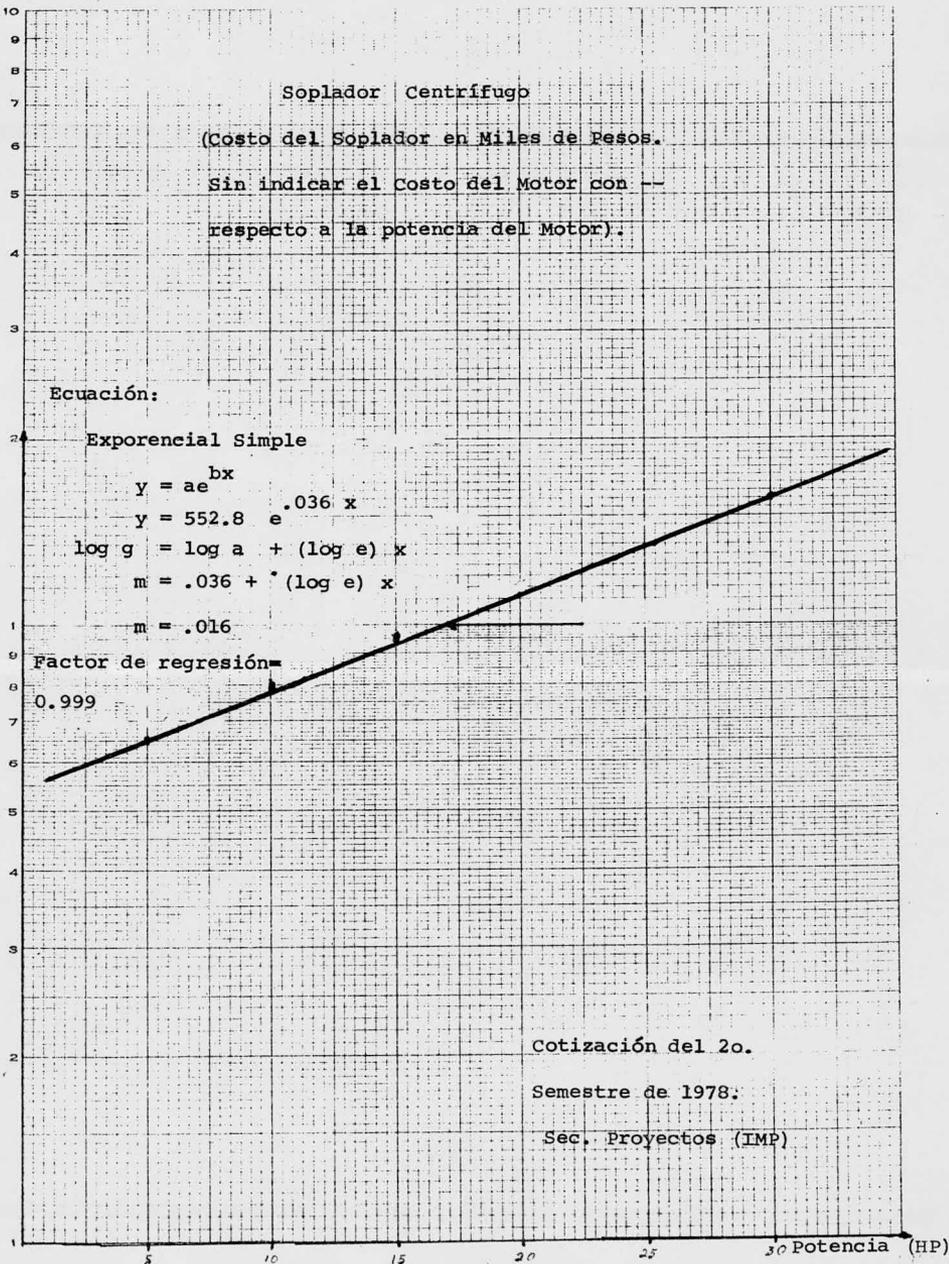
$$\log g = \log a + (\log e) x$$

$$m = .036 + (\log e) x$$

$$m = .016$$

Factor de regresión =

0.999



Cotización del 2o.

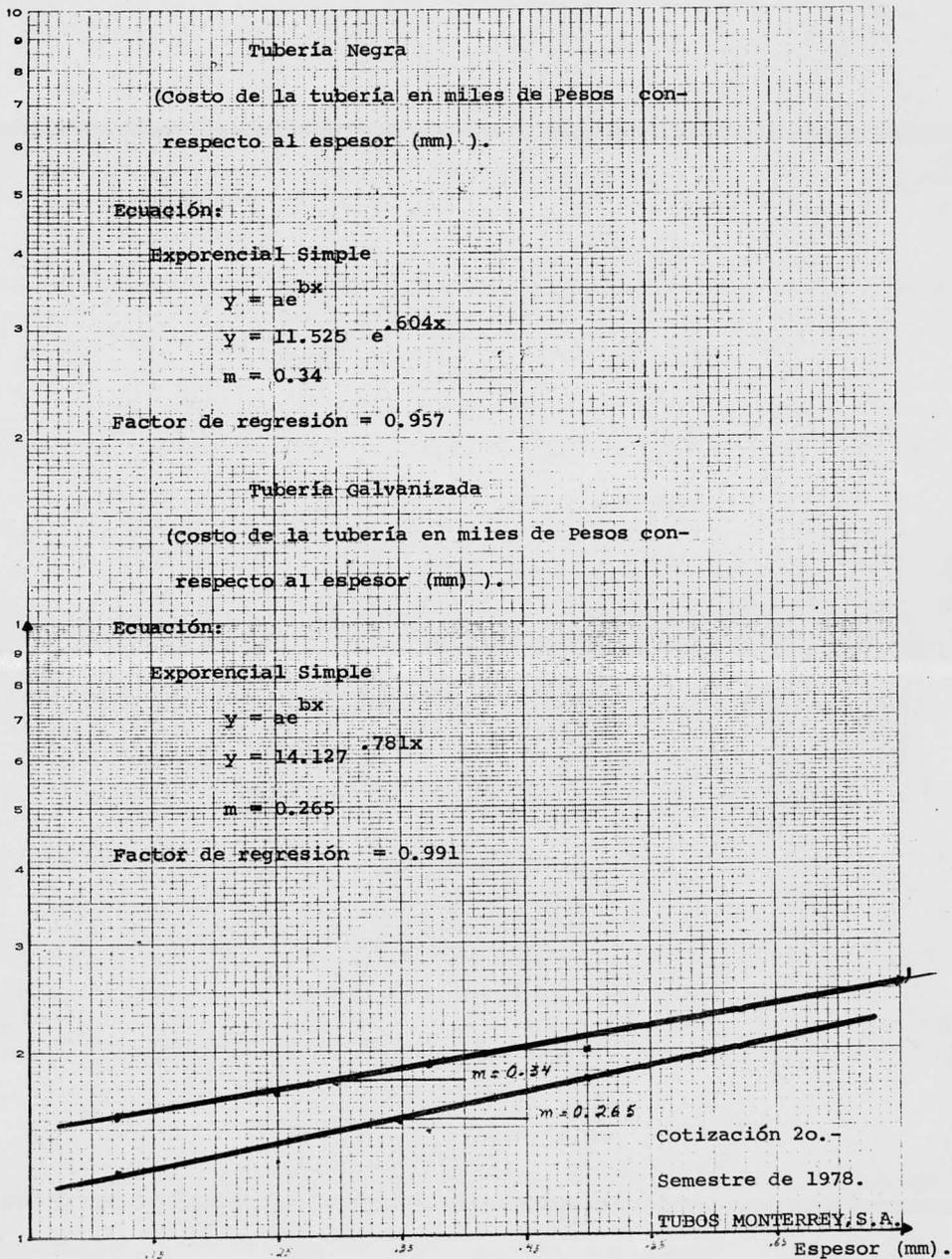
Semestre de 1978:

Sec. Proyectos (IMP)

EUGENE DIETZGEN CO.  
MADE IN U. S. A.  
NO. 341-L2:2 DIETZGEN GRAPH PAPER  
SEMI-LOGARITHMIC  
2 CYCLES X 13 DIVISIONS PER INCH

EUGENE DIEZBEN CO.  
MADE IN U.S.A.

NO. 341-1212 DIEZBEN GRAPH PAPER  
2 CYCLES X 12 DIVISIONS PER INCH



Tubería con troquelado longitudinal

(Costo de la tubería en miles de pesos con respecto al espesor ( Pulg )

Ecuación:

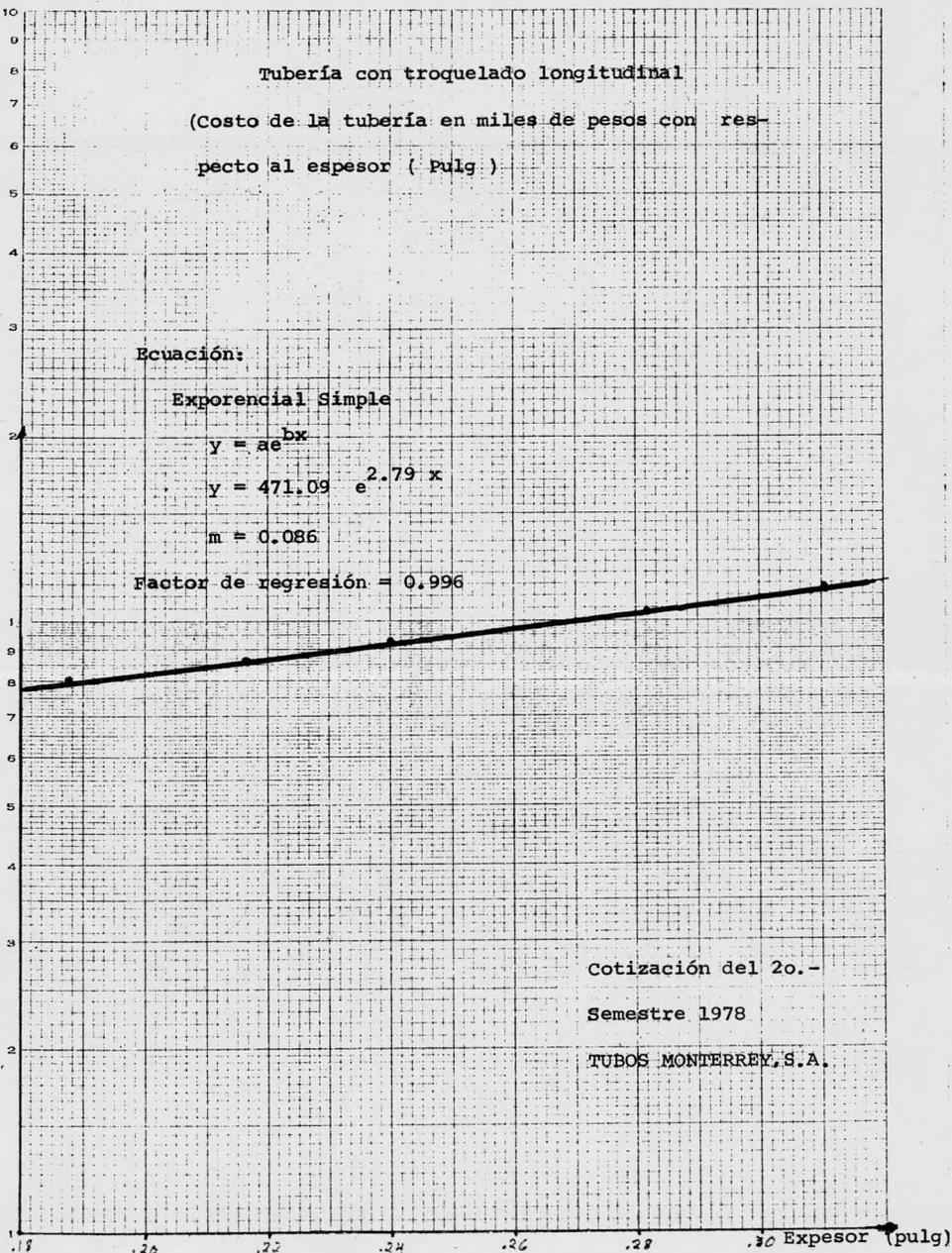
Exponencial Simple

$$y = ae^{bx}$$

$$y = 471.09 e^{2.79 x}$$

$$m = 0.086$$

Factor de regresión = 0.996



Cotización del 2o.-  
Semestre 1978

TUBOS MONTERREY, S.A.

10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1  
0.18 0.20 0.22 0.24 0.26 0.28 0.30 Espesor (pulg)

EUGENE DIETZEN CO.  
MADE IN U.S.A.  
NO. 341-1212 DIETZEN GRAPH PAPER  
SEM. LOG. SCALE  
2 CYCLES X 12 DIVISIONS PER INCH

## C A P I T U L O    V I I

### R E S U M E N

El objetivo del trabajo fue un guía estimativa para equipos de flujo de fluidos basada en diámetro de impulsor, potencia del motor, espesor y material de construcción del equipo mencionado. Tomando en cuenta que su costo se ve afectado por varios factores como son a).- época inflacionaria, b).- importaciones, c).- variaciones significativas por compra en volúmen.

En una época inflacionaria caso (México) gráficas construidas hace algún tiempo se pueden actualizar en forma estimativa aplicándoles los índices inflacionarios de la industria metal mecánica que publica el Banco de México.

El problema inflacionario es función de la relación que existe entre el medio circulante y la producción de bienes y servicios, cuando el dinero entra en circulación y excede a la producción de bienes y servicios se produce el fenómeno inflacionario.

La inflación es la relación entre dos variables.

P= producto de bienes y servicios.

C= dinero en circulación efectivo y cuentas por cobrar.

t= tiempo

I= (P, C, ) t

Las fuentes para el análisis de importación son - los anuarios estadísticos que publica la Secretaría de Comercio y las publicaciones de la Asociación y Cámaras para el caso de la Industria Química son los del ANIQ y los de - la Cámara Minera.

## BIBLIOGRAFIA

Chemical Engineering Cost  
Timmerman Javine  
pags. 120 - 135

Chemical Engineering  
Plant Design  
Vilbrandt y Dryden.  
4 ed. Pag. 475 - 588

Chemical Engineering  
Sept 11 1978  
Vol 85 No. 20  
pag. 80

Chemical Engineering  
Sept. 25 1978.  
Vol. 85 No. 21  
pag. 80

Chemical Engineering  
Sept. 31 1978  
Vol. 85, No. A.  
pag. 80

Bombas Centrifugas  
Igor. J. Karassick y Ray Carter.  
Selección , Operación y mantenimiento  
pag. 11 - 197.

Ventiladores y Turbocompesores.  
José Masano Fardá  
Marcambo S.A.  
pag. 1 - 95

Tubería Industrial  
Charles T. Lit leton.  
2o. ed. 1964.  
pags. 395 - 490.

Werthington de México S.A.. (1965)  
( Bombas y Compresores )

Flackt de México S.A.  
Ventiladores

Tubos Monterrey S.A.  
( Tubería )

Principios de Operaciones Unitarias.  
A. S. Foust'  
J. A. Benzel.  
pags. 585 - 635

Manual del Ingeniero Químico  
Perri.  
Pags. 555 685.

Pump Selecto For. Industry.  
Worthing Ton Corporation. (Artículo)

**TESIS**



**Tesis por computadora**

Medicina 25 Local 2  
Tel. 550-87-98

Delante de la Facultad de Medicina  
Ciudad Universitaria