

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

***" Sistema para la Extracción y Captación de Polvos  
provenientes de una lijadora de banda, como medida  
contribuyente a la Prevención y Control de la  
Contaminación Ambiental "***

**T E S I S**

***que para obtener el título de  
Ingeniero Químico  
presenta***

***Gerardo García y Macías***



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.



AS TESIS 1978  
DE M. T. 194 187  
ECHA \_\_\_\_\_  
ROC \_\_\_\_\_  
S \_\_\_\_\_



*Presidente :* *Jorge Martínez Montes*  
*Vocal :* *Jorge Mencarini Peniche*  
*Secretario :* *Alberto de la Fuente Zuno*  
*1° Suplente :* *José Guerra Recasens*  
*2° Suplente :* *Cutberto Ramírez Castillo*

*Sitio donde se desarrolló el tema:* *SCAMEX, S. A.*

*Sustentante :* *Gerardo García y Macías*  
*Asesor del tema :* *Ing. Jorge Mencarini Peniche*

*A mis bien amadas Berthas, tiernas compañeritas*

*A mis queridos padres Celso y Raquel*

*A mis hermanos*

"Sistema para la extracción y captación de polvos provenientes de una lijadora de banda, como medida contribuyente a la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental"

## I N D I C E

- I.- Introducción
- II.- Legislación
- III.- Diseño del sistema de extracción
- IV.- Diseño del sistema de captación de polvos
- V.- Cálculo de la transmisión y del equipo auxiliar
- VI.- Evaluación de las condiciones de flujo.
- VII.- Evaluación de eficiencia de la colección del equipo y la emisión a la atmósfera.
- VIII.- Conclusiones

## C A P I T U L O I

INTRODUCCION

No podemos negar la importancia que tiene en la actualidad el problema de la Contaminación Ambiental, tanto por su magnitud como por su extensión. Si bien el problema no es reciente, se ha recrudecido y ha tomado proporciones que han merecido la atención de todo el orbe, al grado de que gente de reconocido prestigio científico ha hecho patente en numerosos artículos y estudios su inquietud por la gravedad del problema.

Esto ha sido el pago a la tecnología y al desarrollo económico creciente y desmedido, y dado que el hombre difícilmente podría prescindir de las comodidades de que goza y disfruta y que son producto de este desarrollo, es imposible pretender frenar dicho desarrollo, si bien es necesario programarlo en lo sucesivo, previendo todas las consecuencias que acarrearía esta carrera tecnológica.

La tarea es compleja e implica grandes esfuerzos y altos costos por parte de todos aquéllos que de alguna manera estén involucrados en este problema, y no solo eso, implica una concientización absoluta a todos los niveles, y esto es un punto de suma importancia, pues podrán erogarse cuantiosas sumas, podrá sancionarse a las personas que infrinjan los reglamentos, pero no se tendrá un resultado satisfactorio, en tanto que todos y cada uno de nosotros no estemos CONSCIENTES, del problema, y no sólo eso, sino que en función de esta formación de conciencia, nuestra actuación sea aquélla que evite el contribuir a recrudecer la contaminación mediante fórmulas adecuadas para prevenirla, vertiendo menos contaminantes al medio; y en -

esta forma el problema podrá resolverse razonablemente en tiempo y espacio.

Esta actitud no implica trabajos aislados, sino una acción conjunta en donde autoridades, industria y población en general colaboren estrechamente en la resolución del problema.

No basta con proponer caminos, es necesario trascender más, contribuir activamente en la lucha, pues de otra manera habremos de padecer los resultados funestos de la negligencia y quizá de cambios irreversibles en la ecología del planeta.

Es cierto que resulta difícil en el momento evaluar los niveles umbrales de contaminación para los cuales se llegase al punto de irreversibilidad, pero resultaría más saludable, a mi juicio, invertir esfuerzos en llevar a cabo medidas para el control y prevención de la contaminación a corto plazo, antes de especular sobre los límites umbrales de contaminación.

Esto último resulta difícil en sumo grado, ya que son muchos los factores que intervienen y que en algunos casos complican o diluyen el problema, pues es bien conocido el hecho de que teniéndose una fuente de emisión de determinada naturaleza en algún punto del planeta, puedan percibirse los efectos de ésta en puntos lejanos al de la fuente y aún más, reaccionar de alguna forma para a su vez producir contaminantes secundarios que en algunas ocasiones resultan más nocivos o cuyo potencial como sustancia tóxica es mayor.

El presente trabajo es producto de una inque-

tud honesta por el problema vinculado a la contaminación ambiental y pretende ser un ejemplo de tantos para abordar un problema específico de contaminación como es éste.

La fuente de emisión que se describe está ubicada en Tlalnepantla, Edo. de México, considerada como el lugar donde mayor incidencia de contaminación por partículas sólidas se tiene, y es parte del proceso global de manufactura de embragues para automóvil, en particular, se trata del departamento de lijado y terminado de estas piezas, para lo cual se emplean distintos lijadores, entre ellos una lijadora de banda marca Sandingmaster, que en la actualidad no cuenta con un sistema de extracción ni colección de polvos.

El polvo acumulado cerca de la máquina se colecta para mandarlo a un patio, donde se almacena, pero debido a las características propias del material y bajo ciertas condiciones ambientales, suele entrar en ignición con el consecuente peligro de incendio.

Es por esto que se analizó la posibilidad de incorporar un sistema adecuado de extracción de polvos para reducir los riesgos de incendio y colectarlos mediante un equipo eficaz de control para ajustar la emisión a los límites especificados en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de Humos y Polvos actualmente en vigor, coadyuvando de esta manera a la solución de los problemas de control ambiental.

## CAPITULO II

### LEGISLACION

El problema podría contemplarse desde dos puntos de vista:

- 1) Contaminación Intramuros
- 2) Contaminación Extramuros

En caso de no instalarse un sistema de extracción adecuado para transporte de los polvos que se desprenden de la lijadora de banda como es el caso actualmente, el problema es esencialmente un problema de Higiene Industrial, cuya competencia es de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Al incorporarse el sistema de extracción se presenta ya un problema de contaminación extramuros, competencia de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente.

Es necesario entonces someterse a las disposiciones que en esta materia se establecen en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de Humos y Polvos actualmente en vigor, y en especial, debemos ajustar nuestra emisión final a los límites fijados en los artículos 20, 21 y 22 del reglamento anterior.

Estos límites se muestran en las Tablas II.1 y II.2.



Peso del Proceso	Emisión máxima permitida, Kg/h	
Ton/h	Industria nueva	Industria existente
0.025	0.489	0.652
0.050	0.780	1.040
0.100	1.239	1.652
0.200	1.974	2.632
0.300	2.589	3.452
0.400	3.141	4.188
0.500	3.648	4.864
0.750	4.788	6.348
1.000	5.805	7.740
1.250	6.741	8.988
1.500	7.617	10.156
2.000	9.237	12.316
2.500	10.725	14.300
3.000	12.120	16.160
3.500	13.437	17.916
4.000	14.694	19.592
4.500	15.900	21.200
5.000	17.064	22.752
6.0	19.281	25.708
8.0	23.382	31.176
10.0	27.153	36.204
15.0	35.625	47.500
20.0	43.200	57.600
25.0	50.166	66.888
30.0	55.572	74.096
35.0	57.462	76.616
40.0	59.127	78.836
45.0	60.564	80.752
50.0	61.926	82.568
60.0	64.269	85.693
70.0	65.556	87.408
80.0	68.052	90.736
100.0	71.154	94.872
500.0	95.436	127.248
1000.0	107.313	143.084
3000.0	130.080	172.650

TABLA II.1

La interpolación de los datos de esta tabla - para pesos de procesos hasta 28.5 toneladas por hora, para industria nueva debe hacerse empleando la ecuación:

$$E = 5.805 P^{0.67} \text{ y para industria existente debe hacerse usando la ecuación: } E = 7.740 P^{0.67}$$

La interpolación y extrapolación de los datos - para pesos de proceso mayores a 28.5 toneladas por hora - para industria nueva debe llevarse a cabo usando la ecuación:

$E = 75.648 P^{0.11} - 54.42$ . Para industria existente - la interpolación y extrapolación de los datos para pesos - de proceso mayores de 28.5 toneladas por hora debe efectuarse usando la ecuación:

$$E = 100.864 P^{0.11} - 72.56. \quad \text{En donde:}$$

$E$  = relación de emisión permisible en kg/hora y

$P$  = Peso del proceso en toneladas/hora

Volumen de gas en la fuente m <sup>3</sup> normal por minuto	Concentración industria nueva mg/m <sup>3</sup> normal - por minuto	Concentración industria existente mg/m <sup>3</sup> normal, por minuto
100	849.0	1132.0
125	795.0	1060.0
150	750.0	1000.0
175	714.0	952.0
200	684.0	912.0
300	600.0	800.0
400	543.0	724.0
500	510.0	680.0
750	444.0	592.0
1000	405.0	540.0
1500	357.0	476.0
2000	324.0	432.0
3000	285.0	380.0
4000	258.0	344.0
5000	240.0	320.0
7500	210.0	280.0
10000	192.0	256.0
15000	168.0	224.0
20000	154.2	205.6
30000	135.0	180.0
40000	123.0	164.0
50000	114.0	152.0

TABLA II.2

Esta tabla debe aplicarse cuando no sea factible la aplicación de la Tabla II.1.

Estas tablas como vemos, hacen la diferencia - entre industria nueva e industria existente, manteniendo - los valores límite de emisión máxima permisible más estrictos para la primera. Sin embargo, en el capítulo IX (hoja 34) de la Legislación para prevenir y controlar la Contaminación Ambiental que se refiere a las definiciones, define equipo nuevo y equipo existente, más no industria nueva o existente; esto puede ser motivo de controversias, ya que no queda definido claramente si se refiere a uno u a otro, y aún en el caso de equipo existente, no especifica si se trata de equipo de proceso o equipo de extracción y control; siendo el reglamento un recurso legal para en un momento dado aplicar sanciones, es necesario modificar aquellos artículos que no dejen perfectamente claros todos los términos, pues de otra manera será un obstáculo a la resolución del problema de la contaminación; ya que en el estado actual deja mucho que desear. Según información que me ha llegado, existe en el momento una comisión permanente - que revisa este reglamento para modificarlo y/o complementarlo donde lo requiera.

El problema básico al que se enfrenta el industrial es definir el peso del proceso dado en toneladas/hora, y que es el peso total del material que pasa a través de un proceso específico, dividido entre el número total de horas necesarias para una operación completa desde su iniciación hasta su completa terminación excluyendo los tiempos de paro o inactividad; en nuestro caso, el peso total de los embragues a lijarse pesados antes de esta operación y dividido entre el número de horas de operación - continua.

Esto limitará la emisión máxima permisible conforme a las tablas II.1 y II.2, en función del tipo de industria (o equipo).

Creo necesario en este momento hacer notar que el peso como único criterio de evaluación resulta insuficiente para definir un nivel dado de contaminación, y sería muy conveniente referir este peso a una densidad específica media, al tipo de material, sus propiedades físicas, químicas, aunado esto a una determinada calidad de aire tomando en cuenta características climatológicas, meteorológicas y físicas del lugar en cuestión haciéndose diferencia en caso de tratarse de zona industrial, urbanística, agrícola, etc.

Asimismo se hace imperioso un reglamento para gases, pues sustancias como el  $\text{SO}_2$ , el  $\text{SO}_3$ , el  $\text{CO}$ , el  $\text{NO}$  y otras contribuyen en un alto porcentaje al problema de la contaminación, sin que hasta el momento se haya hecho nada definitivo al respecto.

Es necesario también que para la creación de una nueva industria se lleven a cabo estudios de impacto ambiental, mediante los cuales pueda determinarse la contribución de una industria a la contaminación global, sea de aire, agua, o suelo.

Existe mucho por hacer, pero volvemos a repetir, la acción conjunta de todos y cada uno de nosotros redundará en un ambiente que poco a poco tenderá nuevamente al equilibrio, aunque esto lleve tiempo, pero lo importante es legar a las futuras generaciones un ambiente saludable, propicio al desarrollo de las actividades, y dado que

la responsabilidad está en nuestras manos, debemos hacer -  
todo para que no se quede en el aire.

## C A P I T U L O   I I I

DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCION

El diseño del sistema de extracción comprende el dimensionamiento de los ductos, expansiones, contracciones, injertos, codos, así como la selección del ventilador más adecuado que satisfaga las condiciones de operación de nuestro caso en particular.

Se dimensionaron los ductos en base a los principios de diseño especificados en el "Industrial Ventilation", así como el flujo de extracción recomendado por el fabricante de la lijadora de banda, habiéndose mantenido una velocidad de transporte en ramales y en ductos principales de 17.78 m/seg, velocidad adecuada para evitar asentamiento de partículas dentro de los ductos, específicamente en el caso de ductos horizontales.

Según especificaciones del propio fabricante el sistema de extracción requerido debía manejar 2000 m<sup>3</sup> - normales/hora a una succión de 80 mm de C.A en el injerto de interconexión de ambos ramales de extracción, al nivel del mar.

Hubo pues necesidad de corregir el flujo volumétrico a las condiciones reales, dándosele además al sistema un margen del 50%.

En esta forma el flujo a manejar sería:

$$QR = 2000 \times \frac{760}{585} \times 1.5 = 3897.44 \text{ m}^3 \text{ actuales/hora}$$

Asumiendo que debe mantenerse una caída de presión de 80 mm de C.A. hasta el injerto, debe recalcularse esta caída de presión a condiciones reales de operación mediante la siguiente ecuación:

$$APR = APN \times \frac{1.2}{0.91} = 80 \times \frac{1.20}{0.91} = 60.7 \text{ C.A.}$$

Donde:

APR = Caída de presión hasta injerto en condiciones reales en mm de C.A.

APN = Caída de presión hasta injerto en condiciones normales en mm de C.A.

1.2 = Densidad del aire en condiciones normales en  $\text{kg/m}^3$

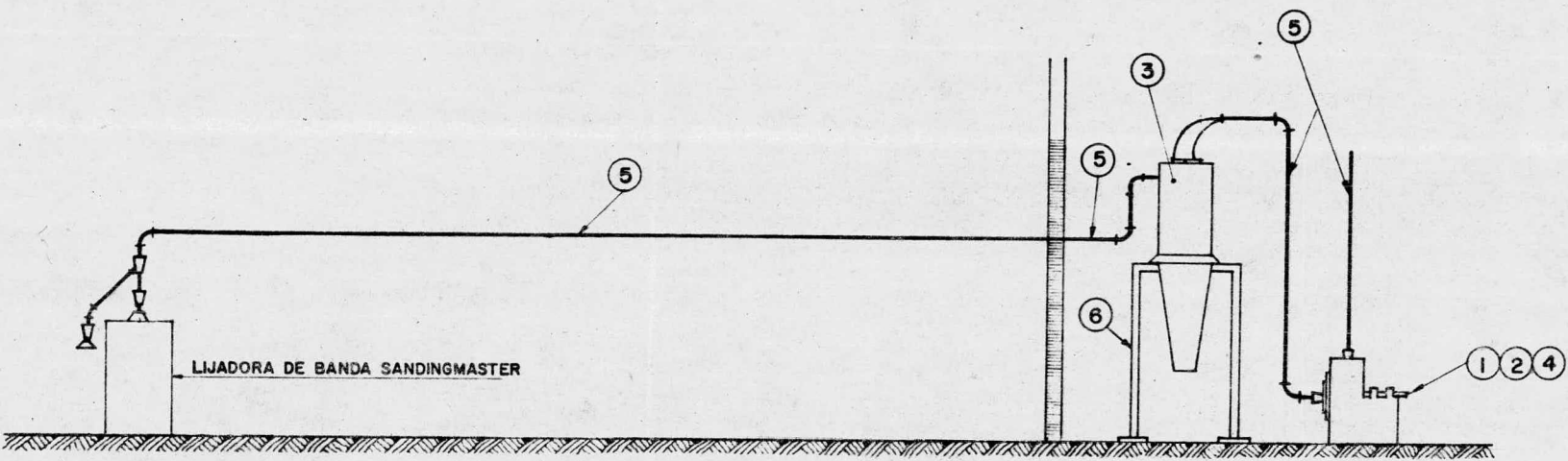
0.91 = Densidad del aire en condiciones reales en  $\text{kg/m}^3$

Las caídas de presión a través del sistema excluyendo APR serán las calculadas corriente abajo del injerto.

La máquina contiene 2 campana de succión como puede apreciarse en la figura III.1, la posterior, que es la más pequeña, y dado que en ese punto la emisión de polvos es menor, manejará tan sólo una quinta parte del flujo total de extracción, en tanto que la superior manejará el flujo restante equivalente a 4/5 partes del flujo total a manejar.



Nº	CANT	NOMBRE	MATERIAL	DIMENSIONES	PESO
1	1	VENTILADOR	HKMT - 3	TAMANO 25	
2	1	MOTOR	5 HP	2 POLOS	
3	1	CICLON	CKDB	TAMANO 8A	
4	1	JUEGO DE	POLEAS Y BANDAS		
5	1	JUEGO DE DUCTOS	LAMINA CALIBRE 14		
6	1	SOPORTE DEL CICLON			



CONJUNTO GENERAL. - DIAGRAMA

Fig. III- 1.

### III.1 DETERMINACION DEL FLUJO EN LOS RAMALES

Sea  $Q_T$  = flujo total en condiciones reales =  $3897.44 \text{ m}^3$   
 actuales/hora, entonces:

$$Q_I = \text{flujo superior succión} = \frac{4 Q_T}{5} = 3117.9 \text{ m}^3$$

actuales/hora

$$Q_{II} = \text{flujo posterior de succión} = \frac{Q_T}{5} = 779.5 \text{ m}^3$$

actuales/hora

Una vez determinados los flujos a manejar en cada ramal y manteniendo una velocidad esencialmente constante y de valor igual a  $17.78 \text{ m/seg.}$  como ya se dijo anteriormente, podemos determinar los diámetros requeridos mediante la gráfica III.1 A y B, determinándose al mismo tiempo las pérdidas unitarias por fricción. De esta manera obtenemos los valores que se muestran en la tabla III.1

TABLA III.1

Ramal No.	Flujo actual m <sup>3</sup> /hr	Velocidad en m/seg.	Diámetro interior en mm.	Caída de Pre- sión Unitaria en $\frac{\text{mm C.A.}}{\text{m}}$
1	3117.9	17.78	254	1.41665
2	779.5	Ditto	127	3.41663
Ducto principal	3897.44	Ditto	279.4	1.29165

Determinados los diámetros requeridos para manejar los flujos anteriores a las condiciones de velocidad ya especificadas, se procede al diseño de los injertos, expansiones, etc., según se muestra en la figura III.2, partiendo de cada ramal.

#### RAMAL 1

El diámetro de salida de la campana de succión superior es de 203.2 requiriéndose un diámetro de 254 mm.- para mantener las condiciones especificadas (Ver tabla II.1).

Se recomienda para expansiones, que cada incremento en diámetros de 25.4 se involucren 127 mm. de longitud en la expansión, debe ser de 25.4 cm.

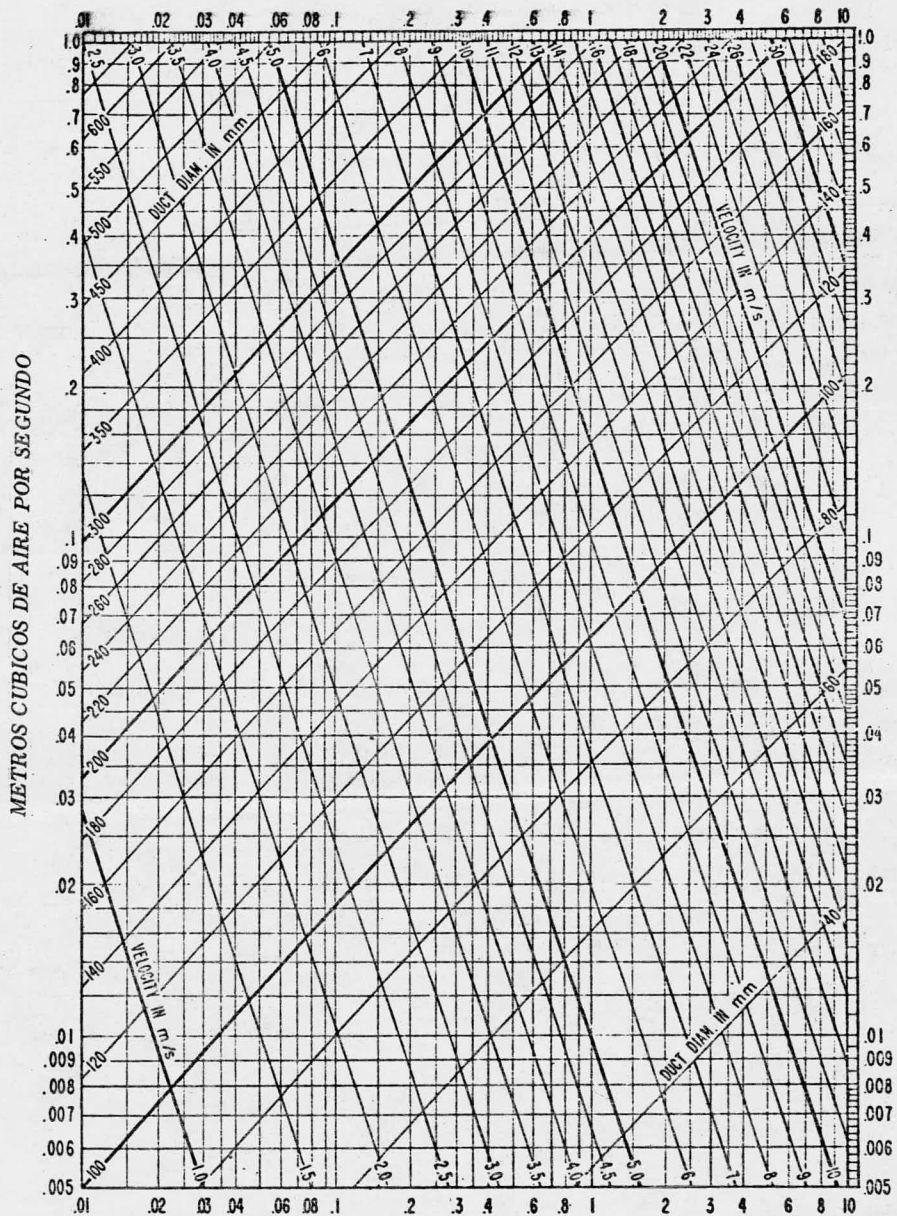
#### RAMAL 2

El diámetro de salida de la campana de succión posterior es de 101.6 mm. requiriéndose de un diámetro de 127 mm para mantener las condiciones especificadas.

Tomando el mismo criterio que para el Ramal 1, se requiere una expansión de 12.7 cm.

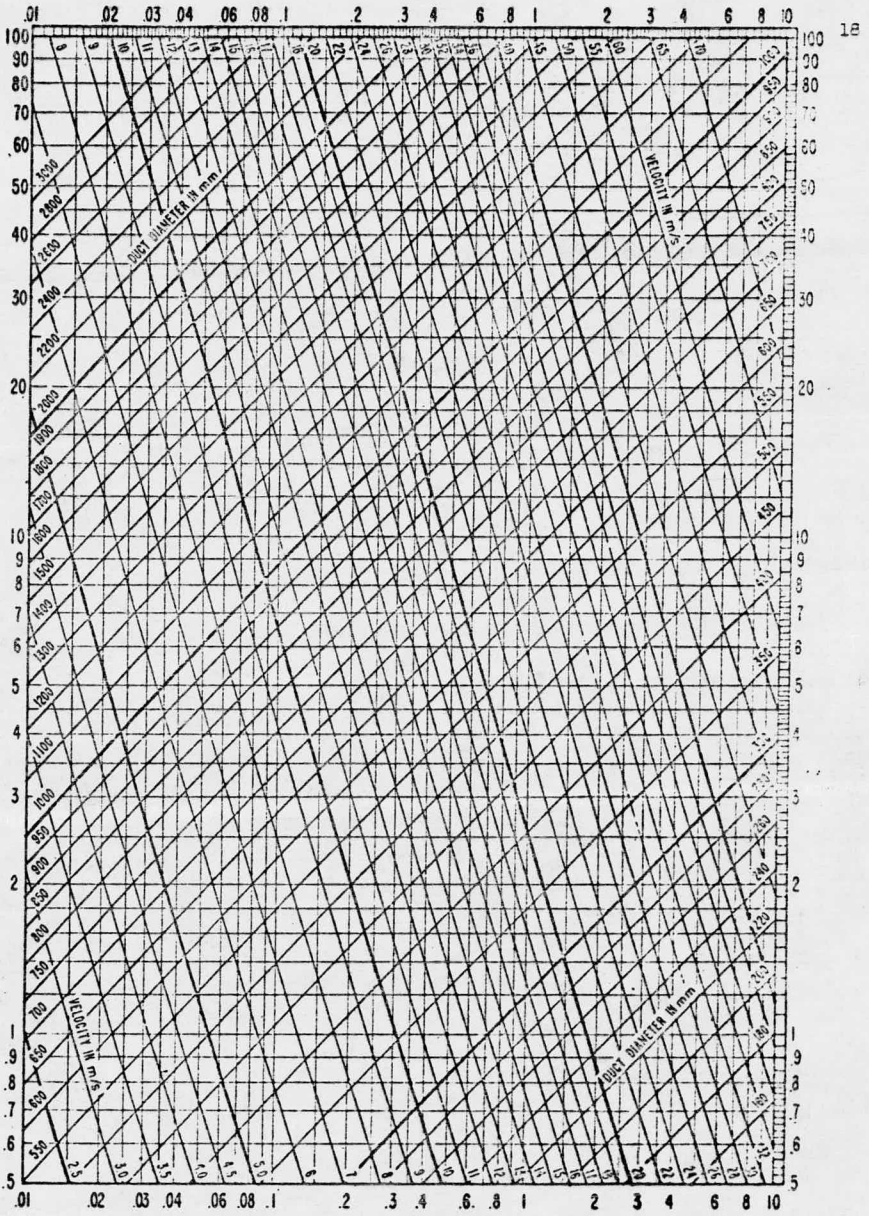
#### INJERTO

Se seleccionó un ángulo de entrada del Ramal - de 45 grados. Aún cuando algunos autores recomiendan que la longitud del injerto debe ser dos veces el diámetro del ramal 1, esto es, 50.8 cm. una longitud del injerto de - - 25.4 cm. es conveniente.



GRAFICA III 1A

METROS CUBICOS DE AIRE POR SEGUNDO

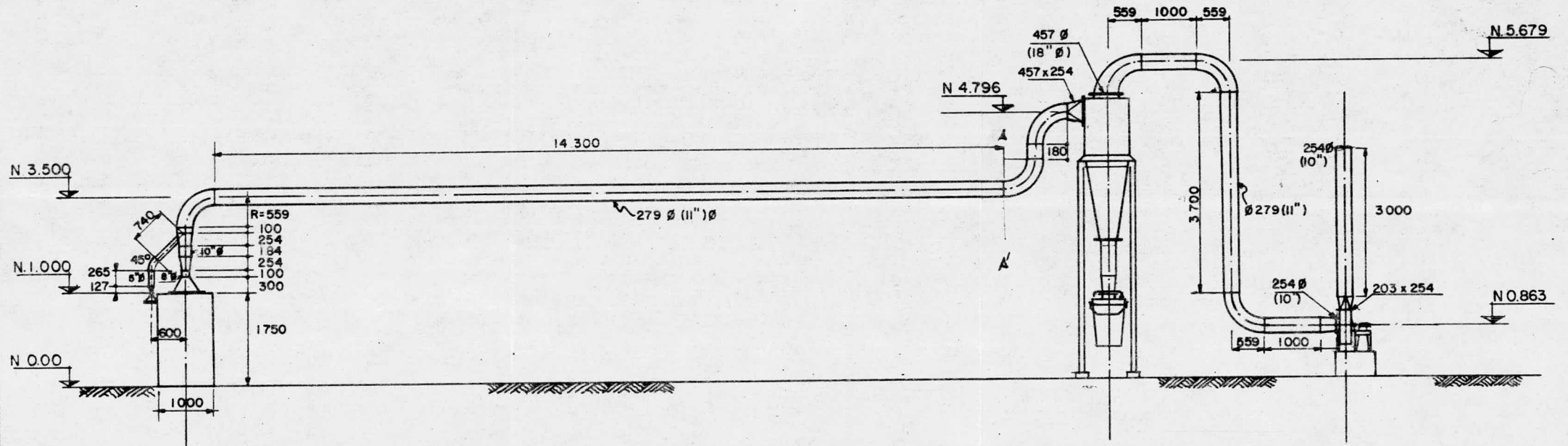


PERDIDAS POR FRICCION EN MM. DE AGUA POR METRO

GRAFICA III 1B



Nº	CANT.	NOMBRE	MATERIAL	DIMENSIONES	PESO



CONJUNTO GENERAL.- DIAGRAMA

**NOTAS**

- ACOTACIONES EN MILIMETROS
- NIVELES EN METROS

Las dimensiones finales del sistema quedarían tal y como se muestra en la figura III.2, habiéndose fijado en 3.5 mts. la altura a la cual corre la línea de centros del tramo recto de ducto principal horizontal.

### III.2 RESISTENCIA DEL SISTEMA

En base a las propiedades del polvo que se desprende de la lijadora de banda y a la experiencia previa en equipo de control para lijadoras similares, un ciclón como alternativa de colección de polvos sería adecuada -- (Ver capítulo IV).

El paso a seguir es calcular las caídas de presión a través del sistema que permitan seleccionar el ventilador más adecuado.

#### III.2.1 CAIDA DE PRESION HASTA INJERTO

Es la caída de presión especificada por el fabricante y corregida por el factor de densidad.

$$\Delta P_1 = \Delta PR = 60.7 \text{ mm de C.A.}$$

#### III.2.2 CAIDA DE PRESION EN EL INJERTO

La caída de presión en un injerto puede determinarse por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta P_2 = \text{Factor} \times V_p \times 25.4$$



Donde el factor depende del ángulo de entrada y es igual a 0.28 para un ángulo de 45°.

$V_p$  - presión de velocidad = 19.40 mm para una velocidad de 17.78 m/seg. de esta manera.

$$\Delta P_2 = 0.28 \times 19.40 = 5.5 \text{ mm de C.A.}$$

### III.2.3 CAIDA DE PRESION DEL INJERTO HASTA AA'

Se incluye un tramo recto de 0.10 m

Se incluye un tramo recto de 14.30 m

Un codo de 90° (R=2D) cuya longitud equivalente = 4.72 m. de tal forma que la longitud sería = LT = 19.12 m.

De la tabla III.1 la caída unitaria de presión es 1.29165 mm C.A./m de longitud. Por lo que la caída de presión del injerto hasta AA' sería:

$$\Delta P_3 = 1.29165 \times 19.12 = 24.70 \text{ mm de C.A.}$$

### III.2.4 CAIDA DE PRESION DE AA' HASTA EL FINAL

Incluye 1 tramo recto de 0.18 m

1	"	"	1 m
1	"	"	1 m
1	"	"	3.75 m
1	"	"	descarga 3 m

5 codos de 90° (R = 2D) cuya longitud equivalente =  $5 \times 4.72 = 23.62$  m la longitud total sería LT= -- 32.55 m.

La caída de presión de AA' hasta el final -- (sin incluir el ciclón) sería:

$$\Delta P_4 = 1.29165 \times 32.55 \approx 43 \text{ mm de C.A.}$$

Para determinar la caída de presión a través del ciclón CKDB tamaño 080 (es el más adecuado según se ve en la tabla IV.6) recurrimos a la gráfica No. IV.I

El valor resultante es de 47 mm de C.A.

$$\Delta P_5 = 47 \text{ mm de C.A.}$$

La presión estática total del sistema que -- tiene que vencer el ventilador es la sumatoria de todas -- las caídas de presión parciales calculadas. Así tenemos--

$$\Delta P_{st} = \sum_{i=1}^5 \Delta P_i = 181 \text{ mm de C.A.}$$

### III.30 SECCION DEL VENTILADOR.

El ventilador es un equipo mucho muy difundido en la industria y tiene muchas aplicaciones. Cualquiera persona ha tenido la oportunidad de familiarizarse con algún tipo de ventilador y actualmente es imprescindible su uso en sistemas para control de la contaminación del aire, si como en otras aplicaciones diferentes -- que la popularizan más.

Brevemente podríamos definir un ventilador, - diciendo que es una máquina a aparato que tiene por objeto transportar un flujo de aire o de otro gas de un punto a otro, creando una diferencia de presión.

### III.3.1 OPERACION

En un ventilador una masa de aire u otro gas en movimiento recibe energía por medio de una o varios rodetes provistos de álabes. Normalmente se aumenta la presión dinámica y estática del gas al pasar este por el ó - los rodetes.

Por lo general la velocidad del gas al salir del rodete se convierte parcialmente en presión estática - en el punto entre la salida del rodete y la boca de salida del ventilador.

En ventiladores de flujo radial esta conver - sión de energía de velocidad a presión estática tiene lu - gar dentro de la carcasa espiriforme. Los ventiladores - acoplados a ductos tiene por lo general un área de acoplamiento igual en la boca de entrada que en la boca de salida. Como en este caso la velocidad del gas ( presión dinámica) son iguales en las conexiones del ventilador, el - aumento total de la presión del ventilador se debe exclu - sivamente al incremento de la presión estática entre las - bridas de acoplamiento del ventilador.

Un ventilador de succión libre, por el con - trario, succiona aire de un local cuya presión estática - y de velocidad es igual a CERO, y lo expulsa por la boca -

de salida a una velocidad determinada y a mayor presión - estática. Así, en este caso, se interpreta el incremento total de la presión del ventilador como un incremento tanto de presión estática como de dinámica.

### III.3.2 CLASIFICACION DE VENTILADORES

En términos generales podríamos clasificar-- los ventiladores en: centrífugos, y axiales, de acuerdo a la dirección del flujo de aire a través del impulsor. -- Además de esta división básica, hay cierto número de sub-divisiones de cada uno de estos tipos generales, amén de otros de diseño especial.

En la tabla III.2 se muestra una clasificación de ventiladores.

Se ve que el ventilador centrífugo es aquél- que recibe un flujo en forma axial enviándolo en forma -- radial y aprovechando la fuerza centrífuga que produce el impulsor. En el ventilador axial, el flujo es siempre -- axial ala posición del rotor. Esta tabla da una idea bastante completa de las características de los ventiladores, así como sus ventajas y desventajas.

En la figura III.3 pueden verse los diferentes arreglos que pueden tenerse para transmisiones de ventiladores centrífugos.

En la figura III.4 se ilustran además las designaciones para rotación y descarga de ventiladores centrifugos.

Finalmente en la figura III.5 pueden apreciarse las alternativas de posición del motor para transmisiones de cadenas o de bandas para ventiladores centrífugas.

Se incluyen estas figuras, pues pueden emplearse en forma generalizada ya que se trata de normas aceptadas a nivel industrial (NORMA AMCA).

### III.3.3 DATOS DE VENTILADORES

La capacidad de un ventilador suele registrarse por lo general en un diagrama en el que se ve el incremento total de presión producido por un ventilador como función del flujo de gas a una velocidad determinada (Ver Diagrama III.1A)

Las curvas características de potencia efectiva correspondiente se reproducen generalmente en el mismo diagrama.

En el diagrama hay casi siempre 10 líneas auxiliares (líneas de operación) trazadas y que representan distintas curvas características del equipo, respecto de las cuales, el incremento de presión producida es directamente proporcional a la segunda potencia del flujo de gas. Se define el número de cada línea de operación de la siguiente manera:

$$L = 10 \sqrt{Pd / \Delta Pt}$$



## ARREGLOS DE TRANSMISIONES PARA VENTILADORES CENTRIFUGOS

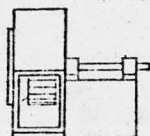
NORMA AMCA  
2404-66  
(REDUCCION)

AS- ANCHO SENCILLO

DA- DOBLE ANCHO

ES- ENTRADA SENSILLA

ED- ENTRADA DOBLE



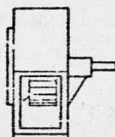
ARREGLOS 1, 3, 7 y 8 ESTAN TAMBIEN DISPONIBLES CON RODAMIENTOS MONTADOS SOBRE PEDESTALES INDEPENDIENTES DEL GABINETE DEL VENTILADOR

PARA LA DESIGNACION DE LA ROTACION Y POSICION DE DESCARGA VER NA 2406

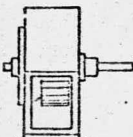
PARA LA POSICION DEL MOTOR CON TRANSMISION DE CAJENA VER NA 2407

PARA LA DESIGNACION DE LA POSICION DE LA ENTRADA EN LA CAJA VER NA 2405

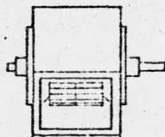
ARR. 1 ASES PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



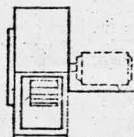
ARR. 2 ASES PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



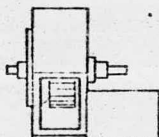
ARR. 3 ASES PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



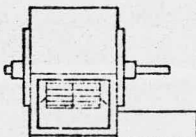
ARR. 3 DAED PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



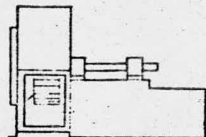
ARR. 4 ASES PARA TRANSMISION DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



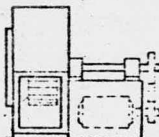
ARR. 7 ASES PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



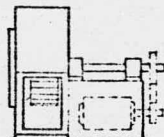
ARR. 7 DAED PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



ARR. 8 ASES PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.



ARR. 9 ASES PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.

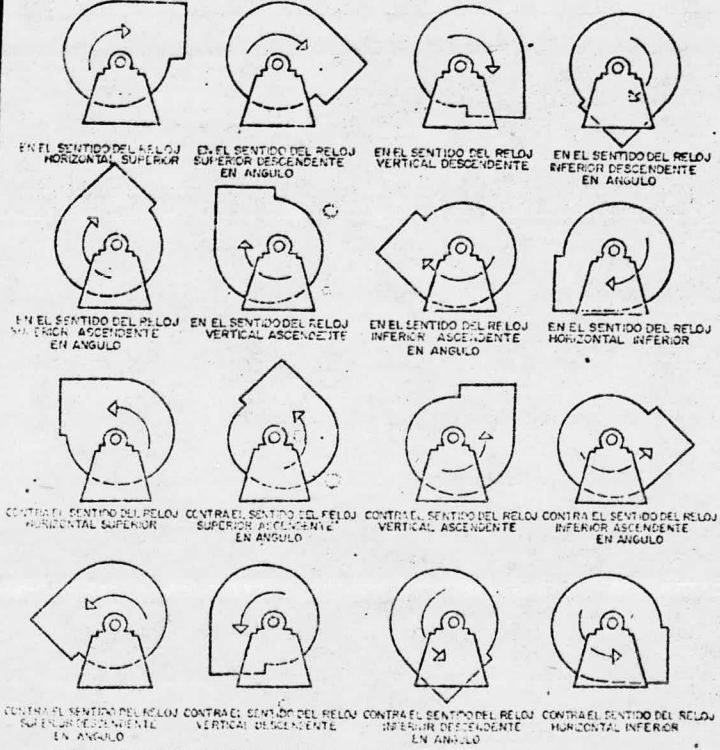


ARR. 10 ASES PARA TRANSMISION POR BANDA O CABLE CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA Y CON DIRECTA ROTOR SUSPENDIDO SOBRE DOS RODAMIENTOS EN LA CAJA.

Fig. III-3.

DESIGNACIONES PARA LA ROTACION Y LA DESCARGA DE  
VENTILADORES CENTRIFUGOS

NORMA AMCA  
2406-66



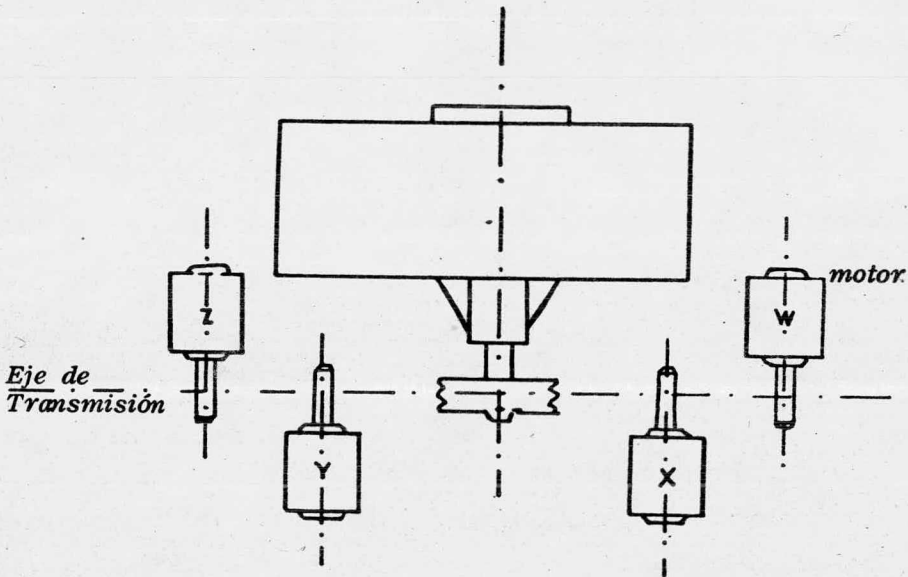
LA DIRECCION DE LA ROTACION ES DETERMINADA DESDE EL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR.  
EN UN VENTILADOR CON TRANSMISION A SENECILLA, EL LADO DE LA TRANSMISION ES EL QUE SE ENCONTRA COMO EL LADO OPUESTO A LA  
ENTRADA DEL VENTILADOR.  
EN UN VENTILADOR CON TRANSMISION EN UNO DE LOS LADOS, EL LADO DE LA TRANSMISION ES EL QUE  
SE ENCONTRA EN EL LADO DE LA TRANSMISION.  
LA DIRECCION DE LA ROTACION ES DETERMINADA DE ACUERDO CON LOS SIGUIENTES: PARA EL ANGULO DE DESCARGA, SE HACE REFERENCIA  
AL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR. PARA EL ANGULO DE DESCARGA HORIZONTAL, SE HACE REFERENCIA  
AL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR. PARA EL ANGULO DE DESCARGA VERTICAL, SE HACE REFERENCIA  
AL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR. PARA EL ANGULO DE DESCARGA HORIZONTAL INFERIOR, SE HACE REFERENCIA  
AL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR. PARA EL ANGULO DE DESCARGA HORIZONTAL SUPERIOR, SE HACE REFERENCIA  
AL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR. PARA EL ANGULO DE DESCARGA VERTICAL ASCENDENTE, SE HACE REFERENCIA  
AL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR. PARA EL ANGULO DE DESCARGA VERTICAL DESCENDENTE, SE HACE REFERENCIA  
AL LADO DE LA TRANSMISION DEL VENTILADOR.

Fig III-4.



POSICIONES DEL MOTOR PARA TRANSMISIONES DE  
CADENA O BANDAS EN VENTILADORES CENTRI-  
FUGOS.

Norma AMCA  
2407-66



VISTA EN PLANTA DE UN VENTILADOR CENTRIFUGO

La localización del motor es determinada por el lado de la transmisión del ventilador y designando la posición del motor por las letras *w, x, y* ó *z* según el caso.

Dondé:

- △ Pt = incremento total de presión enter los puntos -- de acoplamiento del ventilador en mm de C.A. ==  
 $\Delta Pd + \Delta Pest.$

Pd = presión dinámica en la boca de salida del ventilador en mm de C.A.

- △ Pd = incremento en la presión dinámica enter los puntos de acoplamiento del ventilador en mm de C.-A.

- △ Pest = incremento de presión estática entre los puntos de acoplamiento del ventilador en mm de C.A.

A estas líneas operación también se les denomina Líneas de Estrangulamiento y siguen las leyes de los ventiladores que se detallan más adelante.

La línea de estrangulamiento  $L = 10$  (veáse--diagrama III.1B) representa la presión dinámica a la salida del ventilador y puede calcular también por medio de la fórmula siguiente:

$$Pd = \frac{\gamma \cdot V^2}{2g} \quad \text{--- -- -- -- (A)}$$

$$\text{Como } V = \frac{Q}{A} \quad \text{--- -- -- -- (A)}$$

$$\text{entonces } Pd = \frac{\gamma \cdot Q^2}{2g(A)^2}$$

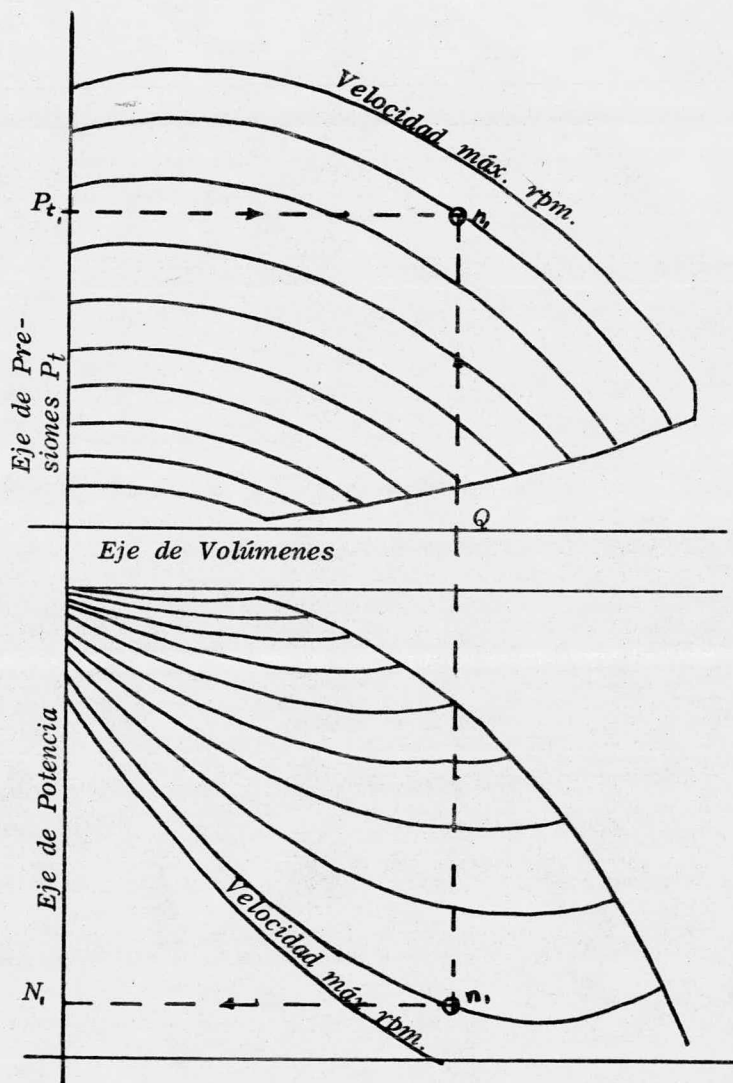


DIAGRAMA III.1.A.

Donde:

- $\rho$  = densidad del gas en condiciones normales en  $\text{kg/m}^3$
- $g$  = aceleración debida a la gravedad =  $9.81 \text{ m/seg}^2$
- $V$  = velocidad a la salida del ventilador en  $\text{m/seg}$
- $Q$  = Flujo del gas en condiciones reales en  $\text{m}^3/\text{seg}$
- $A$  = Area de sección transversal de la salida del ventilador en  $\text{m}^2$

#### EFICIENCIA DEL VENTILADOR

Viene dada por la siguiente expresión:

$$N = \frac{P}{P_e} \times 100$$

Donde:

$N$  = eficiencia del ventilador en porcentaje.

$P_e$  = Potencia efectiva real en el eje del ventilador en Kw.

$P$  = Potencia efectiva teórica en Kw según la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q \cdot \Delta P_t}{1000} \quad (\text{Kw})$$

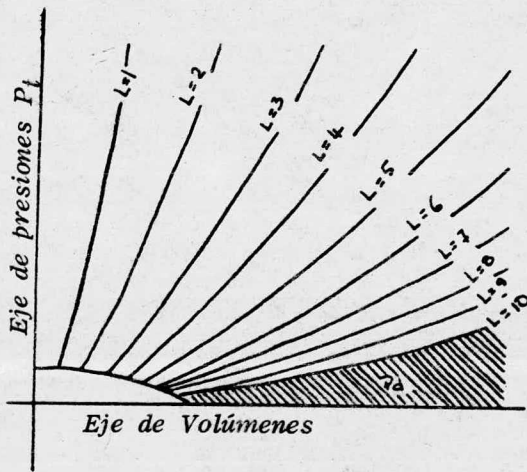


DIAGRAMA III. 1. B.

Donde:

Q = flujo real del gas en la boca de entrada del ventilador en  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

△ Pt = aumento total de presión entre los puntos de acoplamiento en  $\text{Newton}/\text{m}^2$  \*

### III.3.4 UTILIZACION DE LOS DIAGRAMAS

El flujo de gas que atravieza el ventilador es invariablemente, el flujo real en la boca de entrada del ventilador.

Si el flujo  $q_2$  que se busca se ha expresado en base a una temperatura y/o presión absolutas, distintas a las que prevalecen en la boca de entrada del ventilador, es necesario hacer una conversión al flujo real  $q_1$  según la siguiente ecuación:

$$q_1 = q_2 \times \frac{T_1}{T_2} \times \frac{pa_2}{pa_1}$$

Donde:

$q_1$  y  $q_2$  = flujos de gas a las condiciones 1 y 2 respectivamente, se expresan en  $\text{m}^3/\text{seg}$  o  $\text{m}^3/\text{hr}$ .

$T_1$  y  $T_2$  = Temperaturas absolutas a las condiciones 1 y 2 respectivamente, en °K.

\* 1 mm de C.A. 9.81  $\text{Newton}/\text{m}^2$  (Pa).

\*\*  $pa_1$  y  $pa_2$  = presión absoluta a las condiciones 1 y 2 -  
respectivamente en mm de C.A. o Newton/m<sup>2</sup>.

Los diagramas de capacidades son aplicables siempre que no exista alguna indicación contraria, cuando la densidad del gas en la base de entrada del ventilador es de 1.2 kg/m<sup>3</sup>, correspondiente a una densidad del aire a 20°C y una presión barométrica de 760 mm de Hg a una humedad relativa del 50 %.

Si el aumento total de presión  $\Delta P_2$  que se busca expresado en base a una densidad  $\rho_2$  y ésta es diferente de 1.2 kg/m<sup>3</sup> en la boca de entrada del ventilador, entonces hay que modificar el valor de  $\Delta p$  en función de la siguiente ecuación para poder entrar al diagrama:

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 \cdot \frac{1.2}{\rho_2}$$

Si la densidad  $\rho_2$  se ha expresado en base a una temperatura y/o presión diferente a la que prevalece en la boca de entrada del ventilador, entonces la densidad real  $\rho_1$ , puede calcularse de la siguiente forma:

$$\rho_1 = \rho_2 \cdot \frac{t_2}{T_1} \cdot \frac{pa_1}{pa_2}$$

\*\* Presión absoluta = Presión barométrica + presión manométrica.

y la potencia efectiva real sería igual a:

$$Pe_1 = Pe_2 \cdot \frac{\rho_1}{1.2}$$

Donde:

$Pe$  = potencia efectiva leída del diagrama y

$\rho_1$  = densidad en condiciones reales a la entrada del ventilador.

NOTA: La potencia efectiva  $Pe$  es únicamente la potencia efectiva en el eje del rodete y no incluye posibles pérdidas ocurridas en el sistema de transmisión.

### III.3.5 INFORMACION REQUERIDA PARA LA SELECCION DE UN VENTILADOR

La siguiente es una lista de información para llevar a cabo la selección de un ventilador:

- a) Volumen requerido
- b) Presión estática del ventilador
- c) Tipo de material manejado a través del ventilador; - o sea si se trata de material fibroso o si se tiene carga alta de polvo deben emplearse ventiladores con aspas radiales rectas; para servicio ordinario-



selecciónese ventiladores de flujo centrífugo o axial según los requerimientos de presión.

- d) Para materiales explosivos o inflamables deben usarse construcciones a prueba de chispas (motores o prueba de explosión, en caso de que estos esten en el paso de la corriente de gas).

Deben de ajustarse a las normas adecuadas, así como a los reglamentos existentes para la prevención de incendios.

- e) Tipo de transmisión, esto es, directamente acoplados a transmisión por poleas y bandas.

De estas las primeras ofrecen un ensamblaje más completo, ofreciendo también una velocidad constante del ventilador ya que se elimina el deslizamiento que si ocurre cuando no se les da mantenimiento a los ventiladores con transmisión por poleas y bandas.

Sin embargo, las velocidades del ventilador están limitadas a las velocidades disponibles para los motores, con lo cual este tipo de unidades es muy poco flexible (excepto en el caso de aplicaciones de corriente directa)

La flexibilidad de un ventilador de transmisión por poleas y bandas en lo que se refiere a cambios de velocidad es de vital importancia en muchas aplicaciones, lo cual hace que exista una marcada preferencia por este tipo de arre-

glos.

Muy frecuentemente se requieren incrementos en la velocidad, para poder suplir el incremento - en la capacidad del sistema, o cuando se tengan incrementos en la presión estática debidos a -- adiciones de resistencia al proceso, o cambios - en el diseño de una campana, de relocalización - del equipo emisor de contaminantes y/o equipo - de limpieza de aire.

- f) Existencia en cuanto a limitaciones de espacio.
- g) Nivel de Ruido (que puede llegar a ser un fac-- tor importante)
- h) Temperatura de operación. La temperatura tiene un marcado efecto en cuanto al tipo de rodamiento empleado, de esta manera a temperaturas mayores de 550°F (288°C) es recomendable el empleo - de facilidades para enfriamiento de los mismos.

Debe consultarse al fabricante del ventilador - a este respecto.

- i) Eficiencia. Debe seleccionarse un tamaño de - ventilador que maneje el volumen real requerido así como la presión con un mínimo de consumo de potencia.

- j) **Materiales Corrosivos.** Para aplicaciones donde la corriente portadora o bien las partículas en sí sean de naturaleza corrosiva, debe consultarse al fabricante del ventilador con respecto al tipo de material de construcción y/o necesidad de recubrimiento especial.

A continuación se presenta el efecto que tiene de la curva de un ventilador y el tamaño del mismo en la selección de este.

### III.3.6 LEYES DE LOS VENTILADORES

Las leyes de los ventiladores que se detallan gobiernan la operación de éstos y son un arma muy valiosa para determinar los requerimientos en potencia cuando se tienen cambios en la capacidad de extracción, dado un sistema. A una nueva velocidad de rotación el nuevo punto de operación estará determinado por las siguientes relaciones:

- A - El flujo varía en relación directa a la velocidad del ventilador.

Expresado matemáticamente tendremos:

$$\frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

$$\text{rpm}_2 = \frac{Q_2}{Q_1} \text{rpm}_1$$

- B - La presión total y estática varían en razón directa del cuadrado de la velocidad del ventilador. Esto es.:

$$\left( \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2} \right)^2 = \frac{P_{s_1}}{P_{s_2}}$$

- C - La potencia al freno varía en forma directamente proporcional al cubo de la velocidad del ventilador.

$$\left( \frac{\text{rpm}_1}{\text{rpm}_2} \right)^3 = \frac{HP_1}{HP_2}$$

El efecto de variación entre la resistencia de diseño y la actual, así como el efecto en el flujo, — presión estática y potencia al freno para un sistema donde no cambien el tamaño del ventilador, ni el sistema de ducto ni la densidad del gas se muestra en la Figura III.6.

Para estimar en forma rápida la potencia consumida por un ventilador, la ecuación siguiente puede ser útil.

$$\text{BHP} = \frac{3.64537 \times 10^{-6} \times Q P_T}{N}$$

Donde:

BHP = Potencia al freno en HP

Q = Flujo real en  $M^3$  / hr.

Pr = Presión total en mm de C.A.

N = Eficiencia mecánica (fracción)

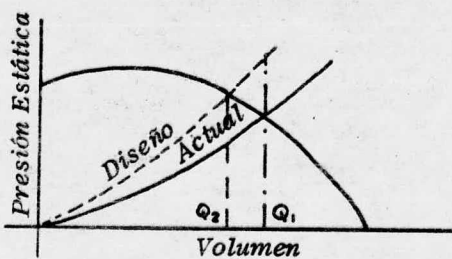
Para la mayoría de los ventiladores centrifugos, la eficiencia máxima va del 50 al 65 %.

### III.3.8 METODO PARA SELECCIONAR UN VENTILADOR PARA DENSIDADES QUE NO SEAN LA ESTANDAR

Quando se tienen variaciones en la densidad por fluctuaciones en la temperatura ambiente y humedad, no deben tomarse en cuenta. Sin embargo, en casos en las que los gases a extraer provienen de un proceso exotérmico, deben hacerse las correcciones necesarias en la densidad, pues de no hacerse, el sistema no manejará los flujos estipulados para el diseño.

Por lo general, las curvas características se elaboran para aire en condiciones estándar ( $1.2 \text{ kg/m}^3$ ). Sin embargo, un incremento en la temperatura, humedad y altitud provocará una disminución en la densidad.

La densidad real puede determinarse a partir



**EFECTO DE LA VARIACION  
ENTRE LA RESISTENCIA DE  
DISEÑO Y LA ACTUAL.**

*Fig. III. 6*

*Volumen de aire manejado  
menor al flujo de diseño*

*Para obtener el flujo de diseño:*

*Aumentese la velocidad del  
ventilador en  $Q_1/Q_2$*

*Aumentese la presión del  
ventilador en  $(Q_1/Q_2)^2$*

*Aumentese la potencia al  
freno del ventilador en  $(Q_1/Q_2)^3$*

de tablas psicrométricas conociéndose la temperatura, la humedad y la presión absoluta.

También puede calcularse conociendo el factor de densidad, que es la relación que existe entre la densidad actual y la densidad del aire en condiciones estándar. (Veáse Fig. III.7).

3 Para densidades de aire diferentes de 1.2 kg/m<sup>3</sup>, debe multiplicarse el valor de 1.2 kg/m<sup>3</sup> por el factor de densidad.

Dado que el diagrama para determinar caídas de presión en ductos (Veáse gráfica III.1A y B) se elaboró para aire estándar, en caso de emplearse directamente estos diagramas para gases con otras densidades, las pérdidas por fricción obtenidas en los diagramas deben multiplicarse por los factores adecuados de densidad.

Hay que recordar que un ventilador es una máquina que maneja un volumen constante cuando gira a una determinada velocidad y cuando no se eliminan o adicionen resistencias al sistema.

Si hubiésemos cambios en la temperatura del aire al pasar por la campana de succión, el ventilador manejaría el mismo flujo volumétrico.

Suponiendo por ejemplo que un ventilador es capaz de mover Q<sub>v</sub> m<sup>3</sup>/hora de aire estándar a través del sistema, si el aire se calentase a X °C ≠ 21°C, el volu-

FACTOR DE CORRECCION DE LA DENSIDAD POR TEMPERATURA Y ALTURA											
Densidad corregida = factor de corrección × 1.2											
Densidad del aire seco a 21°C y nivel del mar × 1.2 kg./m <sup>3</sup> .											
ALTURA EN METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR											
Temp. C	0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
0	1.08	1.05	1.02	0.99	0.96	0.93	0.90	0.87	0.85	0.81	0.79
21	1.00	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76	0.73
50	0.91	0.88	0.86	0.83	0.81	0.78	0.76	0.74	0.71	0.69	0.67
75	0.84	0.82	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.68	0.66	0.64	0.62
100	0.79	0.77	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58
125	0.74	0.72	0.70	0.68	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54
150	0.69	0.67	0.65	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.55	0.52	0.51
175	0.66	0.64	0.62	0.60	0.58	0.56	0.55	0.53	0.51	0.50	0.48
200	0.62	0.60	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.47	0.45
225	0.59	0.57	0.56	0.54	0.52	0.51	0.49	0.48	0.46	0.45	0.43
250	0.56	0.55	0.53	0.51	0.50	0.48	0.47	0.45	0.44	0.42	0.41
275	0.54	0.52	0.51	0.49	0.48	0.46	0.45	0.43	0.42	0.40	0.39
300	0.51	0.50	0.48	0.47	0.45	0.44	0.43	0.42	0.40	0.39	0.38
325	0.49	0.48	0.46	0.45	0.44	0.42	0.41	0.40	0.39	0.37	0.36
350	0.47	0.46	0.44	0.43	0.42	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.34
375	0.45	0.44	0.43	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33
400	0.44	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32
425	0.42	0.41	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31
450	0.41	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30
475	0.39	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29
500	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30	0.29	0.28

Fig. III. 7.



men manejado sería  $Q_1 \text{ m}^3/\text{hora}$  a  $X \text{ }^\circ\text{C}$ , sin embargo a  $3$  temperatura ambiente ( $21^\circ\text{C}$ ) este volumen podría ser  $Q_2 \text{ m}^3/\text{hora}$   $< Q_1 \text{ m}^3/\text{hora}$ ; además la presión estática del ventilador sería distinta, pues ésta varía en preparación directa de la densidad.

Con estos antecedentes sería factible seleccionar un ventilador empleando para ello curvas características, aún cuando la densidad del gas o manejar fuera distinta de  $1.2 \text{ kg/m}^3$ . Los pasos a seguir serían:

- 1.0 Diseño del sistema de ductos y equipo de control empleando volúmenes actuales de gas
- 2.0 Cálculo de la presión estática del ventilador como si se manejase aire en condiciones estándar.
- 3.0 Selección del ventilador a partir de curvas características empleando flujos actuales y la presión estática calculado en el inciso 2.0. La velocidad seleccionada en rpm será la velocidad real a la cual gire el ventilador.
- 4.0 Corrección de la potencia efectiva leída del diagrama, multiplicando ésta por el factor de densidad.

Debemos aclarar que el procedimiento descrito anteriormente es válido y aplicable sólo en casos la densidad del aire no cambie dentro del sistema; en caso contrario la misma debe calcularse la resistencia del sistema por secciones donde el gas mantenga la misma densidad.

Como en la mayoría de los problemas se tienen condiciones diferentes a las estándar, por lo general de mayor temperatura, los requerimientos de potencia son menores a los valores leídos de los diagramas.

En estos casos la selección del motor más adecuado debe hacerse con mucha precaución. ¿Cuál es la razón.?

Al inicio de la operación el ventilador puede manejar aire a menor temperatura y los consumos de potencia pueden ser próximos a los valores leídos en los diagramas.

Para proteger al motor de una sobrecarga, el valor seleccionado puede ajustarse al valor leído en los diagramas.

Como alternativa puede instalarse una compuerta que pueda regularse de tal forma que se limite el volumen a manejar y con ello la potencia consumida hasta que el sistema hay alcanzado su temperatura de operación.

Recientemente el uso de colectores húmedos - tipo Venturi de alta energía involucran caídas de presión estáticas mayores, excediendo en algunos casos los 508 mm de C.A. a la entrada del ventilador, por lo que se hace necesario corregir el flujo a estas condiciones de presión absoluta.

### III.3.8 SELECCION DEL VENTILADOR ADECUADO A NUESTRO CASO

Se analizaron en principio tipos de ventiladores, seleccionándose los ventiladores HKMT.

Estos ventiladores HKMT son adecuados para manejar presiones hasta de 600 mm de C.A., y tienen rodete de aspas radiales, muy convenientes dado el material abrasivo que se pretende manejar.

Además se optó por la alternativa de transmisión por poleas y bandas con lo cual se pretende tener una mayor flexibilidad de operación.

La rotación es derecha en el sentido de las manecillas de reloj, según lo recomienda el propio fabricante por la posición obligada del motor en relación al ventilador (Ver fig. V.6), y la dirección de la descarga es hacia arriba en un ángulo de  $0^\circ$ .

Este tipo de ventilador es de diseño ultramoderno, su construcción a base de placa de grueso calibre le confiere mayor rigidez estructural.

El tamaño que se ajusta a nuestras necesidades además, permite que se saque el rodete retirando el soporte de flecha y chumaceras sin necesidad de desconectar la succión ni la descarga. (Ver Fig. III.8).

El cono de entrada de la carcasa y el diseño de entrada del rodete tienen una forma aerodinámica (Ver figura III.9), con lo cual se reducen las pérdidas por fricción y se dirige el flujo hacia el rodete en forma uniforme y silenciosa.

Estas piezas se fabrican en placa de grueso calibre.

Por otro lado el soporte para flecha y chumaceras es rígido, lo cual asegura una operación libre de vibraciones.

Tres alternativas HKMT, en que los puntos de operación caían dentro de la zona eficiente fueron analizadas.

Los puntos de operación para estas tres alternativas se muestran en las gráficas siguientes: se presenta además una tabla comparativa de estos tres ventiladores.

Dado que es muy conveniente especificar correctamente el ventilador para que el fabricante proporcione exactamente el ventilador que se ajuste a nuestras necesidades, se presenta una hoja de especificaciones para este equipo, que da una idea de los datos requeridos para una correcta especificación.

### III.3.9 INSTALACION

Deben realizarse pruebas a los ventiladores para determinar las condiciones reales de flujo y presión total. Estas deben llevarse al cabo en condiciones normales de operación, en la forma en que se especifica en los capítulos VI y VII.

Muy frecuentemente la instalación en el campo promueve problemas de flujo de aire que reducen la capacidad del ventilador.

*el rodete se puede sacar, retirando el soporte de flechas y chumaceras sin desconectar las conexiones de succión y descarga.*

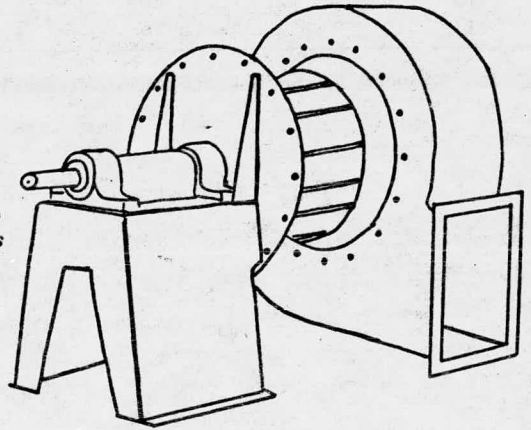
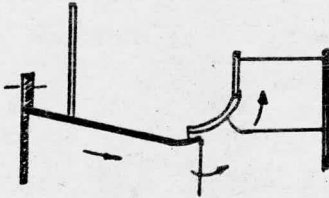
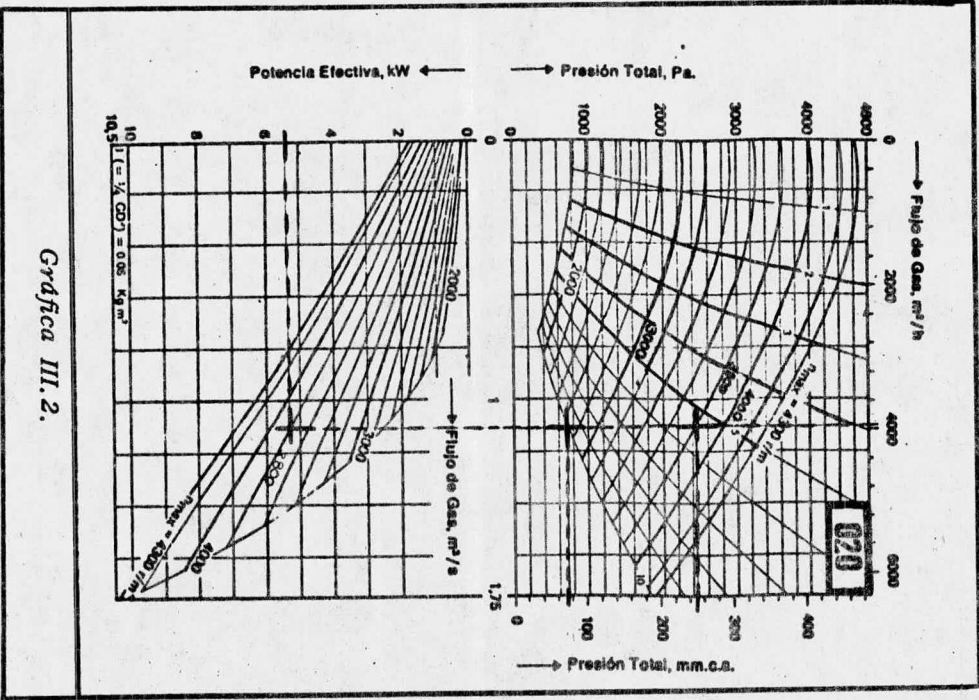


FIG. III. 8

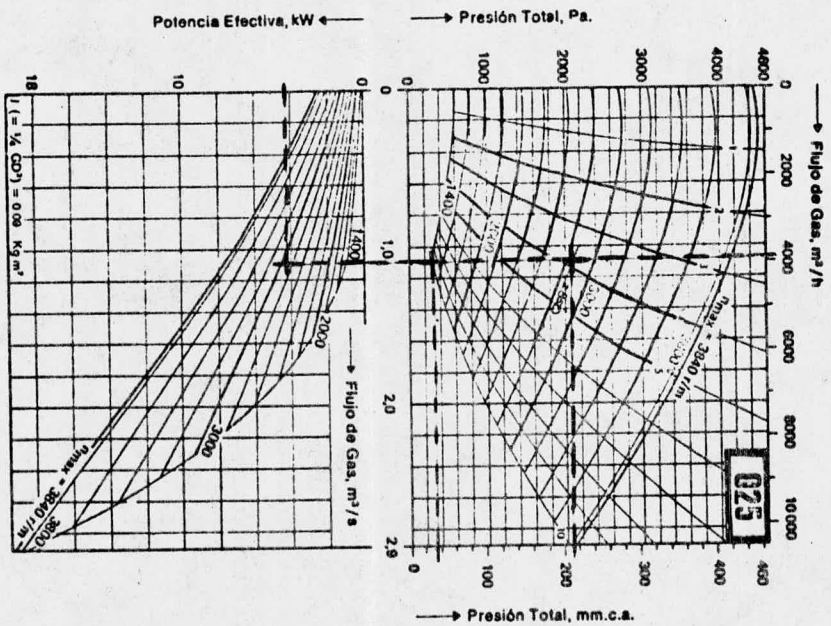


*El cono de entrada de la carcaza y el disco de entrada del rodete tienen una forma AERODINAMICA.*

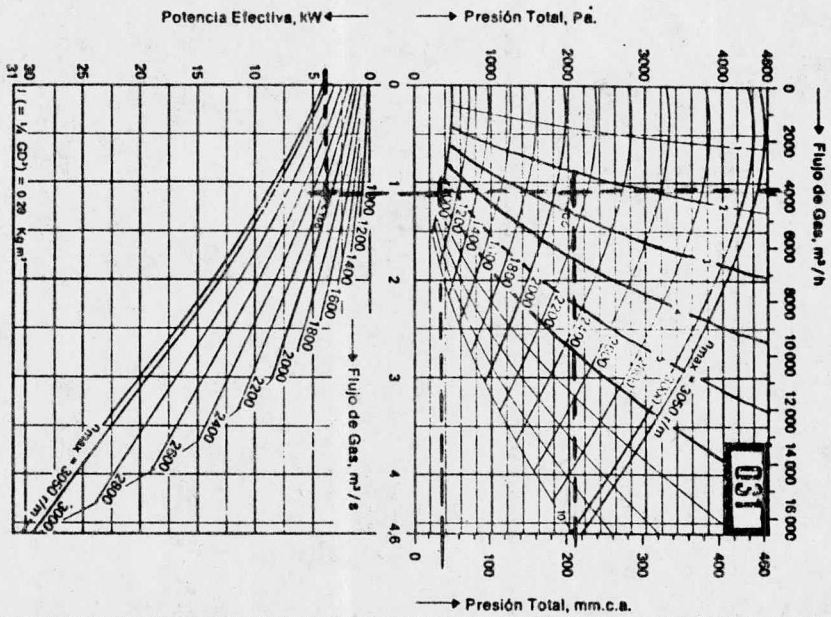
FIG. III. 9



Gráfica III.2.



Gráfica III.3.



Gráfica III. 4.



TABLA III.3

Tamaño	020	025	031
Presión estática - en mm de C.A.	181	181	181
Flujo actual en - M <sup>3</sup> /hr	3898	3898	3898
Presión dinámica en mm de C. A.	70	30	35
operación	3800	2850	2100
rpm máx.	4300	3840	3050
operación	5.4	4.1	3.75
Kw máx.	10.5	18	30
1 Costo fijo en -- \$ M.N.	10,263.80	11,562.16	14,085.90
2 Costos de Man- tenimiento en - \$ M. N.	2,155.37	2,428.16	2,958.06
3 Costos de Ope- ración en \$ M.N.	39,690.00	30,135	27,562.50
Costo Total en -- \$ M.N.	52,109.17	44,125.66	44,606.46

1 Precio al 15 de abril de 1977.

2 Estimado en 3% anual sobre el costo fijo por 7 años.

3 Tomando como costo unitario \$0.60/kwhr, operando 5 horas/día 7 días/sem. 50s/a. x 7

El análisis de estas tres opciones conduce a inclinarse por el tamaño 025.

Las dimensiones de este ventilador pueden apreciarse en la figura III.10

**DIMENSIONES Y PESOS, CONT.**

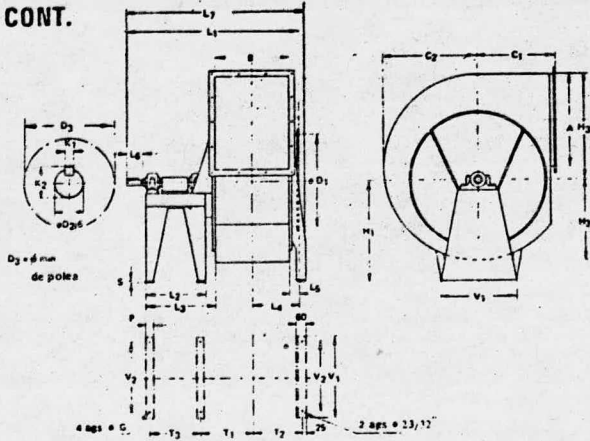
HK...3

Tamaños pequeños

En R.P.M. (n) y potencia (P) menor de la max. indicada en las curvas de operación el Ø de la polea (D) se puede disminuir según la fórmula

$$D = D_2 \cdot \frac{P}{P_{max}} \cdot \frac{D_{max}}{n}$$

El dibujo muestra forma derecha



HK...3

Tipo-Tamaño	C1	D2	H1	H2	H3	C2	L2	L3	L4	L5	L6	L7	V1	V2	V3	V4	V5
HK, HKM, HKM1	Clave d			x, y, z													
020	-	2=	15 14	270	276	1 4	1 054	210	293	80	42	5	182	270	210		
025	016	-	24	15 16	330	223 1/2	1 094	230	283	80	42	5	182	270	230		
-	025	-	2=	13 16	370	-	1 134	270	370	80	42	6	22	220	280		
031	023	010	11	13	410	361	1 137	360	370	80	43	6	25	235	315	225	
-	011	005	1=	1 4	450	313	1 4	1 367	305	370	80	43	6	235	245	285	
040	051	016	005	13 8	500	354	1 141	1 510	380	437	80	43	6	280	420	300	
-	020	026	17 8	-	530	393	1 147	1 518	400	451	80	50	3	344	470	400	
050	080	023	13 4	15 8	615	443	1 8	1 796	430	477	80	50	6	384	480	470	
-	031	070	2=	1 8	685	499	1 2	2 356	500	577	100	53	6	442	534	504	
063	050	040	040	2=	1 8	66	775	219	1 72	2 374	500	577	100	51	6	442	534
063	063	060	012	2=	1 4	636	763	1 72	2 477	520	639	120	51	6	491	475	540

HKM(B.P.T)-3

Tamaños hasta 063

- 1) Para HKM(B.P)
- 2) Para HKMT

Tam.	A	B	C1	D1	D2	G	H1	H2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	T1	T2	P	W	K
016	140	174	75	164	-	-	81	10	127	266	237	104	80	116	-	-	-	-	-	30
025	160	195	116	208	-	-	120	15	144	329	304	154	107	140	-	-	-	-	-	37
031	173	210	130	225	110	110	140	18	165	374	345	180	120	160	-	-	-	-	-	42
040	193	236	150	250	130	130	160	22	192	421	387	200	130	180	-	-	-	-	-	48
050	216	264	175	280	150	150	180	27	222	470	431	220	150	200	-	-	-	-	-	55
063	240	295	200	310	175	175	210	33	270	520	476	240	170	220	-	-	-	-	-	63
1) 063	230	280	190	300	170	170	200	32	260	510	465	230	160	210	-	-	-	-	-	60
2) 063	235	285	195	305	175	175	205	32	265	515	470	235	165	215	-	-	-	-	-	60

Fig. III. 10.

### DIMENSIONES Y PESOS,

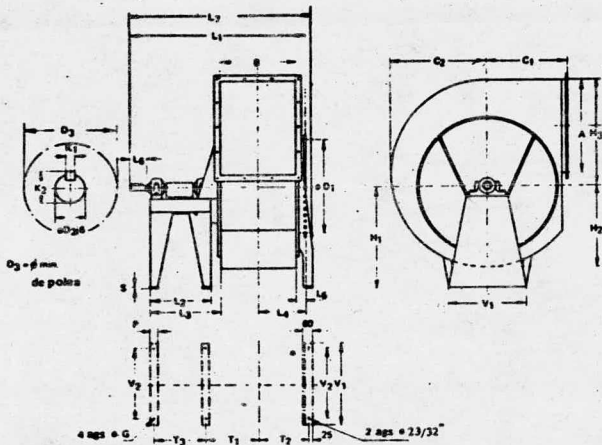
#### HK...3

#### Tamaños pequeños

En RPM. (n) y potencia (P) menor de la max. indicada en las curvas de operación el Ø de la polea (D) se puede disminuir según la fórmula

$$D = D_3 \cdot \frac{P}{P_{max}} \cdot \frac{n_{max}}{n}$$

El dibujo muestra forma derecha



#### HK...3

Tipo-Tamaño HKL HKM HKH	C1	D1*	H1	H2	K1*	K2*	L1	L2	L3	L4	P	S	T1	T2	V1	V2	
020	-	20	15/16	270	176	1/4	1,201	210	285	80	42	5	182	270	210		
025	016	-	20	15/16	230	223 1/4	1,251	220	285	80	42	5	182	290	230		
-	020	-	20	13/16	370	250	1/4	1,336	270	330	60	43	0	222	320	360	
031	021	010	015	1-1/4	410	281	1/4	1,267	305	330	60	43	0	247	331	375	
-	012	065	1-1/4	450	313	1/4	1,367	305	370	370	60	43	0	237	345	385	
040	034	009	009	13/8	500	354	5/16	1,518	390	437	60	43	3	150	450	500	
-	030	008	13/8	550	397	5/16	1,518	400	451	60	50	3	364	470	490	490	
060	040	025	014	15/8	615	445	3/8	1,796	400	477	90	54	6	364	498	438	
-	031	016	2-1/8	685	498	1/2	2,350	500	577	100	55	6	462	554	524		
083	050	040	040	2-7/8	685	773	5/8	1/2	2,350	560	577	100	55	6	462	560	484
086	063	050	013	2-1/4	810	766	7/8	1/2	2,477	580	635	125	55	6	492	621	545

#### HKM(B,P,T)-3

#### Tamaños hasta 063

Yem	A	B	C1	C2	D1	D2	G	H1	H2	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	T1	T2	T3	P	S	Ka
046	144	174	211	164	-	-	95	147	127	265	332	105	40	-	144	-	-	-	-	-	-	30
070	207	163	215	208	-	-	100	157	127	329	427	174	60	-	160	-	-	-	-	-	-	45
083	252	200	215	215	-	-	115	167	127	358	474	195	65	-	175	-	-	-	-	-	-	55
011	313	310	346	320	118	100	190	197	157	451	675	178	60	-	210	-	-	-	-	-	-	91
060	409	318	423	405	150	200	250	237	157	548	899	225	60	-	245	-	-	-	-	-	-	150
090	508	480	521	503	180	200	280	237	157	719	1179	265	65	221	309	286	234	249	-	-	-	249
1) 063	630	500	640	638	226	280	400	237	157	990	1350	315	60	140	363	316	363	368	-	-	-	368
2) 063	630	500	640	638	226	280	400	237	157	990	1308	305	60	140	363	316	363	368	-	-	-	368

Fig. III. 10.

Un diseño pobre en el sistema de ductos puede tener una marcada influencia en la operación del ventilador seleccionado.

Las conexiones de entrada y de descarga de un ventilador afectan la operación del mismo incrementando la resistencia del sistema.

En general los codos localizados a la descarga del ventilador tenderán a aumentar la presión estática. La figura III.11 muestra varias condiciones de descarga, así como las pérdidas derivadas de estas condiciones.

En la figura III.12 se muestran los efectos debidos a accesorios instalados en la succión de un ventilador centrífugo.

Estos datos no son aplicables rigurosamente a todos los casos debido al gran número de variables que intervienen. Sin embargo la intención es ilustrar la magnitud del problema y formar un criterio que conduzca al buen diseño del sistema.

Cuando es imposible evitar remolinos de aire, suelen emplearse enderezadores corriente arriba del ventilador, lo cual reduce el efecto anterior.

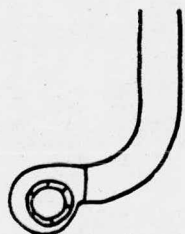
### III.3.10 CONSIDERACIONES EN CUANTO A LA LOCALIZACION DEL VENTILADOR.

A continuación se presentan una serie de consideraciones que deben tomarse en cuenta para la localización del ventilador.

## VENTILADOR CENTRIFUGO PARA TRANSMISION POR MEDIO DE POLEAS Y BANDAS

		VENTILADOR	HK	x	3	b	e	d	g
RANGO DE PRESION	L = baja presión M = media presión H = alta presión								
TIPO DE ASPA	B = curvas hacia atrás P = rectas hacia atrás T = radial recta								
ARREGLO DE TRANSMISION	Arreglo 3 con transmisión de flecha y chumaceras para accionamientos por medio de póleas y bandas								
Tamaños	*HKLB 020,025,031,040,050,063,080 090,100,112,125,140,160 HKLP 020,025,031,040,050,063,080 090,100,112,125,140,160 HKLT 020,025,031,040,050,063,080 HKMB 031,040,050,063,071,080,090 100,112,125 HKMP 031,040,050,063,071,080,090 100,112,125 HKMT 016,020,025,031,040,050,063 HKHB 010,012,016,020,025,031,040 050,063,071,080,090,100 HKHP 025,031,040,050,063,071,080 090,100 HKHT 010,012,016,020,025,031,040 050,								
ROTACION	1 = derecha 6 = izquierda								
DIRECCION DE DESCARGA	1 = 0°           5 = 180° 2 = 45°        7 = 270° 3 = 90°        8 = 315° 4 = 135°								
MATERIAL Y ACABADO	1 = Acero pintado para baja temp. Máx. de 100°C 2 = Acero pintado para alta temp. mayor de 100°C 5 = Antichispa y acero pintado. 7 = Acero pintado reforzado para abrasión.								

HOJA DE ESPECIFICACIONES PARA VENTILADOR.



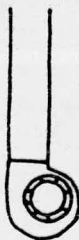
*Pérdida = 1 VP*



*Pérdida = 1 VP*



*Pérdida = 0.5 VP*

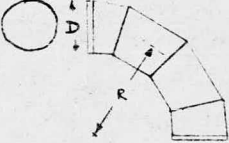




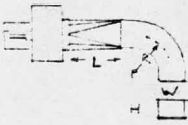
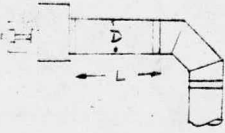
*Ninguna pérdida*



*Evase "*

**VARIAS CONDICIONES DE DESCARGA DE VENTILADORES**

Descripción	% de pérdida en CFM si no se corrige	% de incremento necesario en el ventilador para compensar
 <p data-bbox="153 654 259 700">Codo de 4 piezas</p> <p data-bbox="353 472 590 561"> <i>codo de 3 R/D = .5</i>  <i>piezas</i>            1.0            2.0            6.0         </p> <p data-bbox="353 584 590 657"> <i>codo de 4 R/D=1.0</i>  <i>piezas</i>            2.0            8.0         </p> <p data-bbox="353 680 590 746"> <i>codo de 5 R/D 1.0</i>  <i>ó más pzas.</i>            2.0            8.0         </p>	<p data-bbox="695 472 716 561">           12            6            5            5         </p> <p data-bbox="709 584 716 657">           6            4            4         </p> <p data-bbox="709 680 716 746">           5            4            4         </p>	<p data-bbox="911 472 932 561">           30            13            11            11         </p> <p data-bbox="911 584 932 657">           13            9            9         </p> <p data-bbox="911 680 932 746">           11            9            9         </p>
 <p data-bbox="406 845 502 892">Codo Bipartito</p>	<p data-bbox="695 845 716 865">16</p>	<p data-bbox="911 845 932 865">42</p>
<p data-bbox="211 987 523 1011">Ductos cuadrados con veletas</p>  <p data-bbox="463 1053 617 1077">ninguna veleta</p> <p data-bbox="525 1080 546 1169">           A            B            C            D         </p>	<p data-bbox="695 1053 716 1169">           17            8            6            5            4         </p>	<p data-bbox="911 1053 932 1169">           45            18            13            11            9         </p>

Descripción	% de pérdida en CFM si no se corrige	% de incremento necesario en el ventilador para compensar																											
<p data-bbox="192 475 525 500"><b>Codos rectangulares sin veletas</b></p>  <p data-bbox="391 541 632 728"><i>En todos los casos el uso de 3 largos e igualmente espaciadas vale reducirá la pérdida y el incremento de espacio requerido a 1/3 los valores para codos sin veletas.</i></p> <p data-bbox="112 794 399 1144"><i>El máximo ángulo incluido de cualquier elemento de la transición, no debe exceder nunca de 30°. Si excede ocurrirán pérdidas adicionales. Si el ángulo es menor de 30° y L no es más largo que el diámetro de la entrada del ventilador, el efecto de la transición puede ser ignorado. Si es más largo, será beneficioso debido a que el codo estará más lejos del ventilador.</i></p> <table border="1" data-bbox="391 756 621 1053"> <tr> <td><math>\frac{H}{W} = .25</math>, &amp; <math>\frac{R}{W} = .5</math></td> <td>7</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>4</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>2.0</td> <td>4</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td><math>\frac{H}{W} = 1.00</math>, &amp; <math>\frac{R}{W} = .5</math></td> <td>12</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>5</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>2.0</td> <td>4</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td><math>\frac{H}{W} = 4.00</math>, &amp; <math>\frac{R}{W} = .6</math></td> <td>15</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>8</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>2.0</td> <td>4</td> <td>9</td> </tr> </table>	$\frac{H}{W} = .25$ , & $\frac{R}{W} = .5$	7	15	1.0	4	9	2.0	4	9	$\frac{H}{W} = 1.00$ , & $\frac{R}{W} = .5$	12	30	1.0	5	11	2.0	4	9	$\frac{H}{W} = 4.00$ , & $\frac{R}{W} = .6$	15	39	1.0	8	18	2.0	4	9		
$\frac{H}{W} = .25$ , & $\frac{R}{W} = .5$	7	15																											
1.0	4	9																											
2.0	4	9																											
$\frac{H}{W} = 1.00$ , & $\frac{R}{W} = .5$	12	30																											
1.0	5	11																											
2.0	4	9																											
$\frac{H}{W} = 4.00$ , & $\frac{R}{W} = .6$	15	39																											
1.0	8	18																											
2.0	4	9																											
 <p data-bbox="456 1174 1019 1268"><i>Cada 2 1/2 diámetros de ducto recto entre el ventilador y el codo ó cada entrada de caja, reducirá el efecto contrario en un 20%. Por ejemplo, en el caso del codo de 3 piezas más pobre anterior:</i></p> <table border="1" data-bbox="456 1280 1030 1400"> <tr> <td>Ningun ducto.</td> <td>Pérdida CFM = 12%</td> <td>Velocidad = 30%</td> </tr> <tr> <td><math>L/D = 2 \frac{1}{2}</math></td> <td>10%</td> <td>adicional 24%</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>7%</td> <td>necesaria 18%</td> </tr> <tr> <td>7 1/2</td> <td>5%</td> <td>para venti 12%</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>2 1/2%</td> <td>lador. 6%</td> </tr> </table>	Ningun ducto.	Pérdida CFM = 12%	Velocidad = 30%	$L/D = 2 \frac{1}{2}$	10%	adicional 24%	5	7%	necesaria 18%	7 1/2	5%	para venti 12%	10	2 1/2%	lador. 6%														
Ningun ducto.	Pérdida CFM = 12%	Velocidad = 30%																											
$L/D = 2 \frac{1}{2}$	10%	adicional 24%																											
5	7%	necesaria 18%																											
7 1/2	5%	para venti 12%																											
10	2 1/2%	lador. 6%																											

ACCESORIOS EN LA SUCCION EN VENTILADORES  
Y SU EFECTO

Fig. III 12



- a) La localización del ventilador debe hacerse -- siempre que sea factible, corriente abajo del colector de polvo, con el fin de minimizar la erosión y abrasión en el ventilador.
- b) Deben eliminarse en lo posible codos y cualquier otra obstrucción en la entrada del ventilador; ya que los codos muy agudos a la entrada del mismo reducen ostensiblemente el volumen descargado.
- c) Siempre que sea factible hacerlo, debe seleccionarse la descarga y rotación del ventilador de tal forma que la descarga se encuentre en la dirección deseada, eliminando con esto curvaturas adicionales.
- d) El ventilador debe localizarse tomando en cuenta facilidades para inspección y mantenimiento.

### III.3.11 INSPECCION Y MANTENIMIENTO

Se recomienda llevar al cabo una inspección-programada del ventilador. Los puntos a revisarse incluyen:

- a) Rodamientos (sobrecalentamiento y lubricación, vibración, etc.)
- b) Tensión adecuada de las bandas
- c) Alineación de las poleas

- d) Rotación adecuada y ausencia de acumulaciones - de polvo en el rodete del ventilador.

La acumulación de polvo en el rodete provoca vibraciones que pueden detectarse cuando se checan los rodamientos.

Suele invertirse la rotación del ventilador después de alguna reparación o por alteración en los circuitos de cables o arrancadores. En estos casos, los ventiladores mueven una fracción de su capacidad total de -- flujo, pasando a veces inadvertida esta operación inco-- rrecta.

## Capítulo No. IV

DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACION DE POLVOS

Al diseñarse un sistema de control de polvos de un proceso específico se precisa en principio valorar todos las posibles alternativas para corregir en lo posible el proceso y con ello la emisión, así como llevar a cabo un análisis de las alternativas de tratamiento existentes para el proceso en particular, y con ello asegurar se una solución que resulte la más eficaz y viable desde el punto de vista económico.

Se hace indispensable una investigación exhaustiva del sistema incluyendo la fuente de emisión y el escape a la atmósfera (si es que existe éste último.)

En caso de no existir experiencia previa para un caso en particular, los pasos básicos que deben seguirse en la evaluación de cualquier problema de control, así como en el diseño del sistema de captación adecuado - incluyen:

- 1.0 Examen de la fábrica
- 2.0 Reunión de datos y pruebas
- 3.0 Establecimiento de Criterios de Selección.
- 4.0 Valoración del Sistema de Control
- 5.0 Evaluación de los Costos
- 6.0 Elección del Sistema más adecuado.

## 7.0 Ingeniería, diseño y construcción.

El programa de control que incluye los pasos anteriores suele ejecutarse en 3 fases:

- Fase de valoración
- Fase de estudio de la ingeniería correspon  
diente.
- Fase de ingeniería de construcción.

En la figura IV.1 se ilustra el programa fun  
damental para organizar el sistema de control.

La fase de valoración implica propiamente la definición del problema.

Un exámen de la fábrica podrá proporcionar - información suficiente y requerida para efectuar un buen diseño, describiéndose el proceso en particular e identificando la fuente de emisión. Puede elaborarse un progra  
ma de pruebas para determinar las propiedades del escape-contaminante.

Como parte de las pruebas puede incluirse -- en ocasiones evaluaciones a escala piloto de las alternativas de equipo de control.

El (los) reglamento (s), así como los datos-  
de control una vez reunidos, permitirán establecer crite-  
rios básicos de diseño, y a su vez pueden pronosticarse - las características finales de las descargas y la calidad de las emisiones.

Posteriormente puede llevarse al cabo un --- estudio detallado para evaluar los sistemas de control y- corregir las emisiones, recuperar contaminantes que estén escapando a la atmósfera y susceptibles de reutilizarse, o bien tratamiento de éstos.

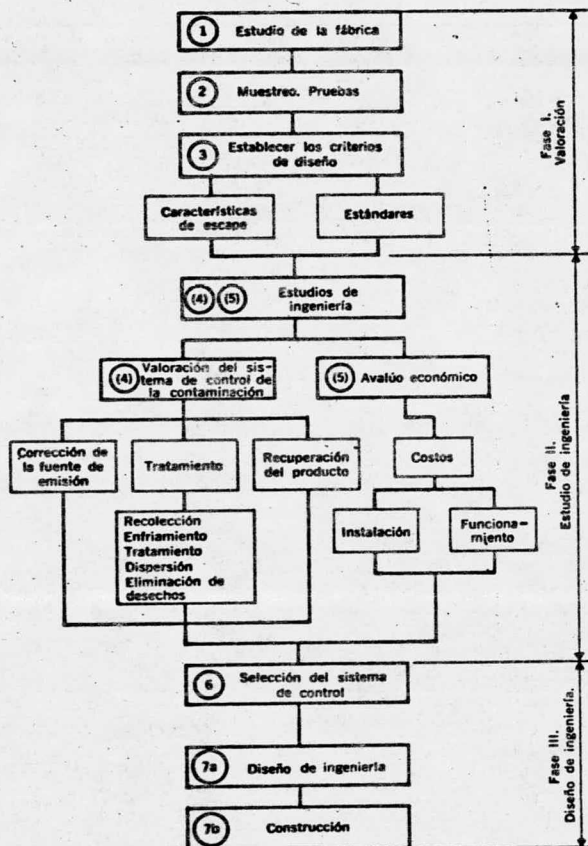
Cuando no sea factible corregir la fuente -- contaminante, como es nuestro caso, entonces no hay más - alternativa que la de efectuar un control de los contami- nantes para lo cual deben tenerse en mente los siguientes factores:

- Recolección
- Tratamiento previo
- Selección del equipo de control
- Dispersión de las emisiones finales
- Eliminación de los contaminantes colecta-- dos.

Como resultado del estudio se tendrá una com binación de posibles alternativas correctivas y/o de tra- tamiento con los cuales podrá lograrse un sistema eficien- te en base a los criterios de diseño, a los reglamentos - en vigor y a las exigencias mismas del proceso. .

La fase final del proyecto incluye la inge-- niería, diseño y construcción de la instalación de trata- miento.

Las partículas de polvo varían mucho en cuan- to a tamaño, peso unitario, forma, composición química, -



Programa para una instalación de control de la contaminación del aire.

Fig. IV. 1.

peso específico, volumen, densidad aparente, adherencia, - resistividad, humectabilidad, cohesividad, etc.

La selección del equipo adecuado para eliminar partículas se complica debido a la cantidad y calidad del gas que las arrastra, debido a variables del proceso - (si es continuo o intermitente), cambios en la cantidad - del gas, cambios en la carga de polvo, en el contenido de humedad, así como a otras variables que son importantes - (por ejemplo: cambios estacionales, producción de hollín, etc.)

Debido a este número ilimitado de variables, el primer paso para la selección del equipo de control -- de partículas de polvo consiste como ya dijimos en la -- identificación del problema de limpieza del gas.

(FASE DE VALORACION) en términos que puedan relacionarse directamente con las características de funcionamiento de los 4 tipos fundamentales de equipo comercialmente disponibles para la eliminación de partículas y que son:

- Colectores mecánicos
- Filtros de tejido
- Lavadores de gases por vía húmeda o con -- líquidos
- Precipitadores electrostáticos

Es muy importante verter los datos importantes en un cuestionario como el de la Figura No. IV.2 donde se resumen los datos que requiere el fabricante del --

equipo que sea una solución efectiva y a la vez económica.

Las garantías de selección del equipo así como su funcionamiento están basadas en datos completos que describen una operación específica.

Este cuestionario permite valorar las 4 alternativas de equipo comparándolas entre sí.

Debe usarse siempre y cuando no se pueda decidir previamente (como en nuestro caso) el tipo de colector, para después enviarse a cuando menos un fabricante de cada tipo básico de colección de polvos.

La recopilación de la información exacta implica por sí sola un difícil problema para el ingeniero encargado de la industria en cuestión.

Para un proceso existente la mejor solución, y la más segura consiste en medir el gas que hay que limpiar entre los límites de operación y siempre y cuando se de con un sistema de extracción. Dado que en nuestro caso no se cuenta con equipo de extracción, se analizaron las muestras de polvo para determinar sus propiedades, así como la cantidad producida.

#### ALGUNOS PRINCIPIOS GENERALES PARA COLECCION DE POLVOS

1.0 Todos los colectores limpian el gas eliminando continuamente el polvo de una corriente gaseosa en movimiento. El orden usual del proceso es el siguiente:

- a) Fuente emisora de gas sucio



1. ¿Fábrica nueva  o en servicio

2. Tipo de fábrica y de procesos

3. Origen del gas y polvo

Número de unidades procesadas

4. Razones para limpiar el gas

Control de contaminación del aire

Recuperación de productos valiosos

Uso para procesos subsiguientes

Protección de  equipo o  proceso

5. Describir los sistemas de control, enfriadores de gas o acondicionadores (reverso)

6. Situación geográfica y altitud de la planta

interior o  exterior

Esquema del espacio disponible, si es factor limitante.

7. Electricidad

	Volts	Hz
	Mfn	Már

8. Gas

	Diseño
kg/hr	
°C	
l/seg	
cm H <sub>2</sub> O	
% de humedad	
Composición química (reverso)	

9. Polvo

gr/m <sup>3</sup> aire entrada	
Tamaño partícula, % en peso:	
0.5 micras	
5-10 "	
10-20 "	
+ 20 "	
Peso específico real	
Densidad aparente: kg/m <sup>3</sup>	

10. Eficiencia exigida. Máx. permisible de pérdida de polvo:

kg/hr; ..... g/m<sup>3</sup> aire aplicable

Código de contaminación del aire

11. Especificaciones del diseño:

Temperatura

Efecto del viento

Efecto de la niebla

Capacidad mínima tolva (hrs)

12. Características especiales del polvo

Venoso

Explosivo

Difícil de eliminar

Combustible

Se acumula en la superficie metálica

13. Datos diversos sobre el proceso

Ciclo de funcionamiento

Intervalos entre reparaciones

¿Puede un solo colector servir para eliminar múltiples fuentes de contaminación?

14. ¿Existe información de haber tenido un equipo de control de contaminación semejante? En caso afirmativo infórmese (reverso).

15. Varios

Ciclo de funcionamiento

Intervalo entre las principales reparaciones

¿Puede un solo colector servir para las múltiples fuentes de emisiones?

Colector

16. ¿Cómo prefiere que se recoja el polvo?  Seco  Húmedo

En el segundo caso complete las preguntas 17-20

17. Agua de lavado

Origen:  lago  municipal  río

mar  pozo

Abastecimiento:  ilimitado

Limitaciones estacionales. En caso afirmativo de  taller (al reverso).

Máximo (litros/min.)

Costo por millón de litros

Presión

Problemas químicos

Dureza

Corrosiva

Pureza

Partes por millón de sedimento

Naturaleza del sedimento

Sedimento estacional

18. ¿Hay algún proceso de lavado por vía húmeda instalado?

Cualidades

Cantidades

Presiones

Limitaciones

19. Forma de deshacerse del agua de lavado

al drenaje;  a un estanque de sedimentación;  se vuelve a reutilizar después de clarificada;  se proyecta reutilizar;  el polvo coleccionado es valioso.

20. Materiales de construcción adecuados:

acero blando;  acero inoxidable;  forrado de hule;  policloruro de vinilo;  FRP;  otros.

Título

Fecha

Compañía

Dirección

Localización del proyecto

Nombre del solicitante

Fig. IV.2 Datos requeridos por el fabricante de equipos.

- b) Equipo de limpieza de gas
- c) Extractor para mover la corriente de gas durante el proceso
- d) Chimenea para descargar el gas limpio a la atmósfera.

Puede verse que el ventilador (extractor) suele colocarse después del dispositivo de limpieza, para proteger al ventilador de efectos erosivos y desbalanceo del rodete por acumulación de partículas en el mismo.

2.0 El tamaño y costo de un colector son directamente proporcionales a la cantidad de gas a limpiar.

3.0 La frecuencia de colección (expresada en porcentaje) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula: (Ver-Capítulo VIII)

$$\% \text{ de eficiencia} = \frac{(\text{Peso del Polvo a la Entrada} - \text{Peso de Polvo a la Salida}) \times 100}{\text{Peso de Polvo a la Entrada}}$$

Peso de Polvo a la Entrada

4.0 En cualquier tipo de colector el polvo fino es más difícil de separar que el polvo grueso.

Dado que la mayoría de los polvos son una mezcla de partículas finas y gruesas, la proporción de las primeras tendrá una gran influencia en la eficiencia colectora, y por ello será un factor importante en la selección del equipo adecuado de control.

5.0 En la tabla IV.1 se resumen los tipos y subtipos - principales de equipos de colección de partículas.

Dado que es muy importante entender el mecanismo de colección de polvos el conocimiento de la Ley de Stokes es fundamental.

Para ello es muy conveniente definir el concepto de diámetro equivalente a la velocidad de caída.

En un colector de polvo dinámico, la velocidad de caída de una partícula contenida en una corriente-gaseosa es esencial para el proceso de colección.

Se entiende por velocidad de caída, la velocidad constante que alcanza una partícula cuando se establece un equilibrio entre la resistencia aerodinámica al movimiento de la partícula, y la diferencia entre la fuerza gravitacional y la fuerza de flotación que se ejercen sobre la propia partícula.

Para hacer la velocidad de caída más concreta se introduce la unidad equivalente de tamaño de partícula y denominada "Diámetro Equivalente a la Velocidad de Caída" que se define como el diámetro de una esfera de peso específico igual a  $1 \text{ g / cm}^3$ , y cuya velocidad de caída es igual a la de una partícula en aire a  $20^\circ\text{C}$  y  $760 \text{ mm Hg}$ .

La ley de Stokes nos da la relación entre el diámetro de partículas esféricas suficientemente pequeñas y sus velocidades de caída; así tenemos que:

Tipo Básico	Tipo Específico	Fuerza básica de funcionamiento.	Medidas básicas y unidad de capacidad	Capacidad básica en lts/seg por medida básica de la cap.	Superficie necesaria del colector p/ limpiar (1699-m/hr)	Energía necesaria y % Eficiencia Colectora en Polvo. (3)		Costo en miles de pesos para un colector que limpie 1699 m <sup>3</sup> / hora.					Efecto de recolección por encima o debajo de su capacidad.	
						cm H <sub>2</sub> O manom	%	Costo Eqpo. Transportado e instalación		Costo Anual Mantenimiento y Energía		Por encima	Por debajo	
								Equipo en el Local (1)	Instalación	Mantenimiento	Energía (2)			
COLECTORES MECANICOS	De cámara de Sedimentación.	gravedad	volúmen de la cámara (m <sup>3</sup> )	9.4	241.8	0.508	25	228.500	68.55	22.850	11.425	Baja	Sube	
	De desviador	inercia	superficie de entrada (m <sup>2</sup> )	564-1,692	28	1.27	40	297.050	81.4	45.700	29.705	Sube	Baja	
	Ciclones de Alta eficiencia	centrífuga	idem	1,410-1,692	11.62	10.16	80	457	159.95	45.700	228.500	Sube	Baja	
FILTROS DE MATERIAL TEJIDO	Limpieza manual	filtración con torta de filtro	Superficie del tejido (m <sup>2</sup> )	0.47-1.9	93	10.16	99	799.750	457.000	159.950	228.500	Baja	No cambia	
	Limpieza automática por agitación	idem	idem	0.47-1.9	93	12.7	99	1371.000	685.500	228.500	297.050	Baja	No cambia	
	Limpieza automática con presión a contracorriente.	fieltro	idem	1.4-3.76	56	20.32	99	1828	789.750	342.750	457.000	No cambia	No cambia	
LAVADORES POR VIA HUMEDA	Desviadores de choque	capt. de líquido	sup.transversal del desviador (m <sup>2</sup> )	235-282	28	10.16	80	685.500	342.750	159.950	228.500	Sube	Baja	
	Torre de Relleno	idem	superf. de la secc.transversal del lecho (m <sup>2</sup> )	235-329	23.25	17.8	90	914.000	457.000	205.650	388.450	Baja	Sube	
	Venturi	idem	super. de la garganta (m <sup>2</sup> )	3,290-14,100	9.3	76.2	99	1142.500	1142.500	251.350	1713.750	Sube	Baja	
PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS	De un sólo campo	eléctrico	superf. de electrodos colectores (m <sup>2</sup> )	2.35	25	1.27	95	1713.750	1256.750	91.400	29.705	Baja	Sube	
	De campos múltiples	eléctrico	idem	idem	46.5	idem	99	2285.000	1599.500	114.250	idem	Baja	Sube	

TABLA IV. 1 . A

COMENTARIOS A LA TABLA IV.1.A

1. Los costos del equipo transportado al lugar de instalación, los de instalación y mantenimiento se basan en costos de construcción de acero inoxidable en 1970, no incluyen el -- equipo auxiliar como estructura de soporte, -- las conexiones de servicios, aislamiento térmico, cimientos, chimeneas, etc. Varían mucho debido a las necesidades específicas de cada instalación, inclusive la localización geográfica. Se usa solamente para hacer comparaciones generales.
2. Costos de Energía basados en el de la corriente eléctrica por kwhr.
3. El polvo muy fino se considera como del 70% en peso menor a  $10\mu$ .
4. Pueden modificarse algunos colectores para -- que la eficiencia colectora sea inferior a la capacidad.
5. Las superficies del plano no incluyen las conexiones de servicios.



Equipo de Control	CONTAMINANTE.	Tamaño óptimo de partículas (1) (micras)	Concentración óptima g/M <sup>3</sup>	Límites de Temperatura (°C)	Caída de presión aproximada	Eficiencia	NECESIDAD DE					Residuos Sólidos	Residuos Líquidos	Contaminante Colectado	Observaciones	
							Espacio	Energía	Agua	Vapor	Combustible.					
<b>COLECTORES MECANICOS</b>																
Cámara de sedimentación	AEROSOL.	50	> 5	700	< 0.1	< 50	L	X				X		polvo seco	dan buenos resultados como métodos de limpieza previos de bajo costo.	
Ciclón		5-25	> 1	700	1-5	50-90	M	X				X		Idem		
Precip. dinámico		> 10	> 1	700	vent.	> 80	M	X				X		Idem		
Separador de choque		> 10	> 1	700	< 4	> 80	S	X				X		Idem		
Filtro de bolsas		< 1	> 0.1	500	> 4	> 99	L	X				X		Idem	bolsas sensibles a humedad, temp. vel. de filtración	
<b>COLECTORES VIA HUMEDA.</b>																
Torre de rociado	AEROSOL.	2.5	> 1	4-700 <sup>f</sup>	0.5	< 80	L	X	X				X	Líquido	1. Se requiere tratamiento de residuos	
Ciclónico		5	> 1	4-700 <sup>f</sup>	> 2	< 80	L	X	X				X	Idem	2. Pos. colum. humos	
De choque		5	> 1	4-700 <sup>f</sup>	> 2	< 80	L	X	X				X	Idem	3. Corrosión	
Venturi		< 5	> 0.1	4-700 <sup>f</sup>	1-60	< 99	S	X	X				X	Idem	4. Trab. posib. altas temperaturas.	
Precipit. Eléctrico		< 1	> 0.1	1000	< 1	95-99	L	X	X			X		polvo seco ó húmedo	sensibles a prop. de partículas y cond. variables.	
Lavador de gases				4-100	< 10	> 90	M-L	X	X				X	Líquido	igual al colector por vía húmeda.	
Absorbador de gases				4-100	< 10	> 97	L	X	X	X			X	sólido o líquido	importancia crítica de la durac. del adsorb.	
Incinerador directo				2000	< 1	> 98	M	X	X		X			Ninguno	importantes costos de funcionamiento	
Combustión catalítica		GASES.		vapores - combustibles	1400	> 1	> 98	L	X	X		X			ninguno	los contaminantes -- pueden envenenar el catalizador.

TABLA IV.1.B.

1. Tamaño mínimo de partícula colectado con una eficiencia aproximada del 90% en condiciones normales de funcionamiento.  
 2. Necesidades de espacio = S pequeño; M = moderado; L = grande.

$$V_f = \frac{d^2}{18} \frac{P - M}{y}$$

Donde:

$V_f$  = velocidad de caída en m/seg

$d$  = diámetro de la partícula en M

$\rho_p, \rho_m$  = peso específico de la partícula y del medio respectivamente en kg/m<sup>3</sup>

$y$  = viscosidad dinámica del medio en kg/m<sup>2</sup>

Se puede simplificar la expresión anterior, -  
dadas las condiciones de operación de los colectores de -  
polvo dinámicos:

$$V_f \approx \frac{d^2 \rho_p}{18 y} \quad - - (1)$$

Esta relación se presenta en el diagrama: IV.1

Si las condiciones del medio son diferentes a las del aire a 20°C se requiere una conversión de las características del colector de polvo o de la curvatura de -  
residuos de partículas.

Según la ley de Stokes, la velocidad de caída de una partícula de polvo en un gas disminuye conforme se eleva la temperatura del gas o sea cuando su viscosidad di  
námica aumenta.

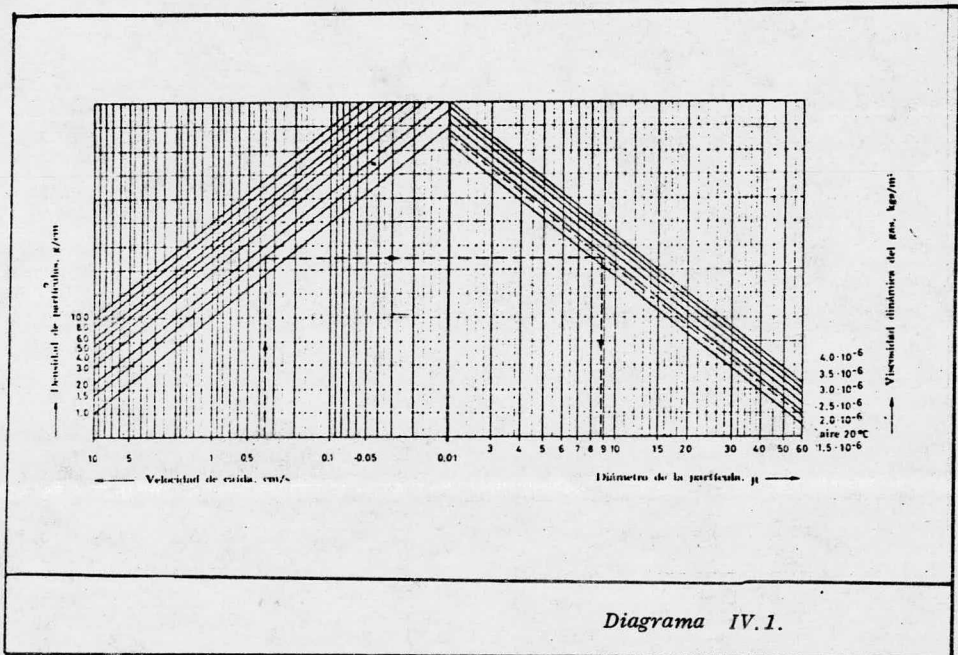


Diagrama IV.1.



Así una partícula de polvo cuya velocidad de caída es  $Vf_1$ , en un gas de viscosidad  $Y_1$ , alcanza en un gas de viscosidad  $Y_2$  una velocidad  $Vf_2$  según la ecuación siguiente:

$$Vf_2 = Vf_1 \frac{Y_1}{Y_2} \quad - - - (2)$$

Esto implica que la curva de residuos de partículas basada en una velocidad de caída  $Vf$ , en aire a  $-20^\circ\text{C}$ , tienen en otras condiciones una velocidad de caída  $Vf_2 = Vf_1 \times \frac{1.855 \times 10^{-6}}{Y_2}$  - - - (3)

$$Y_2$$

Donde  $1.855 \times 10^{-6}$  = viscosidad dinámica del aire a  $-20^\circ\text{C}$

Puesto que los colectores dinámicos funcionan en base a un efecto de inercia, el proceso de separación dentro de la validez de la Ley de Stokes se determina por la relación existente entre la fuerza debida a la masa de las partículas de polvo y la fuerza de resistencia según Stokes.

La fuerza debida a la masa es proporcional a  $d^3$  y la fuerza debida a la resistencia a una eficiencia de colección dada es proporcional a  $d$  .y.

La relación  $\frac{d^2}{\gamma} = \text{cte.}$ , da las condiciones de un colector se basan en un diámetro equivalente a la velocidad de caída, solamente es aplicable para aire a 20°C @  $\gamma = 1.855 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2$ . Para gases de una viscosidad dinámica diferente, debe transportarse la característica de colección longitudinalmente según la relación  $\frac{d^2}{\gamma} = \text{cte.}$ , esto es:

Y

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{\gamma_2}{1.855 \times 10^{-6}}}$$

En donde:

$d_2$  = diámetro equivalente a la velocidad de caída de una partícula que en gases de una viscosidad  $\gamma_2$  adquiere la misma eficiencia de colección que el de una partícula de diámetro equivalente  $d_1$  en aire 20°C.

#### SELECCION DEL EQUIPO COLECTOR

Actualmente existe una gran variedad de colectores de polvo, que revisten una amplia gama de principios, eficiencias, costos de operación, costos iniciales, de mantenimiento, espacio requerido, arreglos, así como materiales de construcción.

Es muy recomendable que para un caso específico para el cual no exista experiencia de control previa, se consulte directamente con el fabricante del equipo.

Son varios los factores que intervienen en la selección del equipo de control.

- Concentración y tamaño de partícula del contaminante (distribución del tamaño de partícula)
- Grado de colección requerido (eficiencia del equipo)
- Características de la corriente de gas (propiedades físicas, químicas, etc.).
- Características del Contaminante
- Métodos de disposición.

#### CONCENTRACION Y TAMAÑO DE PARTICULA DEL CONTAMINANTE

La concentración de los contaminantes en los distintos sistemas de extracción cubre un amplio rango tanto en carga como en tamaño de partículas.

La concentración de los contaminantes en los distintos sistemas de extracción cubre un amplio rango tanto en carga como en tamaño de partículas.

Las concentraciones más usuales van de 228 g/m<sup>3</sup> a 45.6 g/m<sup>3</sup> ó más.



En sistemas que operan a baja presión el rango en tamaños de partículas para polvos va de 0.5 a 100 o mas micras.

La desviación con respecto al tamaño promedio varía también con el material.

#### GRADO DE COLECCION REQUERIDO

Debe decidirse el equipo de colección en base al grado de colección requerido para un problema específico,

Para la evaluación deberá tomarse en cuenta la necesidad o no de equipo de alto costo y alta eficiencia como los precipitadores eléctricos, de equipo de costo moderado pero de alta eficiencia como los colectores de bolsas o colectores húmedos, así como de unidades primarias de menor costo tales como equipos centrifugos -- (como en nuestro caso).

Si la decisión se inclina por cualquiera de los dos primeros grupos, debe analizarse la combinación de éstos con colectores primarios.

La eficiencia requerida podría depender de la localización de la planta, de la naturaleza del contaminante esto es, su valor potencial como elemento nocivo a la salud, o bien su habilidad para dañar a la propiedad así como de las restricciones estipuladas en los reglamentos locales o estatales para la prevención de la contaminación.

Asimismo la cantidad de escape, o sea la re

lación másica de emisión tiene una influencia en la selec  
ción del equipo adecuado de control.

Dada una concentración de contaminante a ma-  
yor volumen de extracción se requerirá un equipo más efi-  
ciente.

Podríamos decir que es seguro sugerir:

"Seleccionese un colector que permita el mí-  
nimo escape posible de contaminante a un costo inicial -  
y de mantenimiento que resulten razonables, así como el -  
ajuste de la emisión a los valores especificados en el re  
glamento para la prevención de la contaminación en vigor".

En algun momento tendrán que sacrificarse —  
los renglones de costo inicial y de mantenimiento, con el  
fin de ajustar la emisión a los estándares de emisión ya -  
reglamentados o prevenir daños a la propiedad o a la sa-  
lud.

Cabe aclarar que la visibilidad de un e —  
efluente es función de la luz reflejada por el área de su  
perficie del material que escapa a la atmósfera.

Así el área de superficie por unidad de peso  
aumenta inversamente proporcional al cuadro del tamaño de  
la partícula, lo cual podría implicar que aún cuando se -  
eliminase de un 80 a un 90 % de la carga total de polvo,-  
podría no verse sensiblemente alterada la apariencia de -  
la descarga de la chimenea.

#### CARACTERISTICAS DE LA CORRIENTE DE GAS

Las características de la corriente gaseosa-

pueden tener una marcada influencia en la selección del equipo. Así por ejemplo para un gas cuya temperatura exceda los 82 °C, no procede el uso de colectores de bolsas que empleen algodón como medio filtrante.

La presencia de vapor, o la condensación de vapor de agua podrán provocar incrustaciones y hasta taponeamiento en los conductos de polvo o aire en colectores de bolsas o colectores centrífugos secos, asimismo, la composición química puede ser de tal naturaleza que provoca un ataque químico en el metal o en el medio filtrante de los colectores secos y aún propiciar condiciones extremas de corrosividad al mezclarse con agua en colectores húmedos.

#### CARACTERISTICAS DEL CONTAMINANTE

Este es un factor que definitivamente afecta la selección del equipo. Cierta clase de materiales pueden adherirse a los elementos del colector obstruyendo los conductos del mismo, otros tienden a adherirse a cierto tipo de superficies o elementos del colector. Por otro lado, las propiedades abrasivas de algunos (como en nuestro caso), en concentraciones moderadas o altas provocan un desgaste prematuro particularmente en colectores centrífugos secos.

El tamaño así como la forma de las partículas regulan ciertos diseños de colectores. Así por ejemplo si se manejan partículas en forma de paracaídas, estas tenderán a flotar en los colectores centrífugos debido a que su velocidad terminal es menor a la velocidad terminal de partículas esféricas mucho menores aún con la misma gravedad específica.

La naturaleza combustible de muchos materiales finamente divididos será un factor muy importante en la selección de modelos seguros de colección para estos productos.

## MÉTODOS DE DISPOSICIÓN

Los métodos de eliminación y disposición de materiales colectados variarán con el material, proceso específico, emisión involucrada, así como con el diseño del colector.

De esta manera los colectores secos pueden descargarse en forma intermitente o continua a transportadores o recipientes.

Los materiales secos pueden crear a su vez un problema secundario de manejo de polvos.

Los colectores húmedos pueden diseñarse para eliminar material en forma intermitente o continua por medio de transportes o drenados como pasta. Los problemas secundarios de polvo pueden traducirse a un problema de manejo de materiales.

El agua de desecho, proveniente de colectores húmedos y que contenga sólidos puede acarrear un problema de contaminación de aguas, si no se procede a la clarificación de ésta antes de verterla al río, al mar, o a la red municipal.

## EQUIPO DE CONTROL PARA NUESTRO CASO

Dado que en este caso existe experiencia previa en lo que se refiere al equipo de control adecuado, — se sugiere ampliamente el uso de un colector ciclónico. — El ciclón es un separador centrífugo en el cual la fuerza de separación es la fuerza centrífuga (muchas veces mayor a la fuerza gravitatoria, pudiendo variar entre 5 y 2,500 — veces).

A una capacidad dada, los separadores centrífugos han reemplazado en gran parte a los separadores gravitarios pues el tamaño requerido es menor ya que la eficiencia es mayor.

Estos ciclones no contienen partes móviles y están formados por un cilindro vertical con fondo cónico, una entrada tangencial cerca de la parte superior y una— salida para el polvo colectado en el fondo del cono (Ver— fig. IV.3).

La entrada es por lo general rectangular, — la conducción de salida se prolonga dentro del cilindro — para evitar cortocircuitos entre el aire de entrada y el— aire de salida.

Al entrar en el cilindro al aire cargado de— polvo se le imprime un movimiento rotacional. El vértice formado desarrolla una fuerza centrífuga que actúa arro— jando las partículas en forma radial contra la pared.

El aire sigue un recorrido en vértice hacia— abajo ó espiral, adyacente a la pared y llega al fondo —



del cono. El aire se mueve entonces hacia arriba en -- una espiral mas estrecha, concéntrica con la primera, y sale a través del tubo central de salida. Ambas espirales giran en la misma dirección.

Las proporciones adecuadas para un ciclón separador se muestran en la figura VI.4

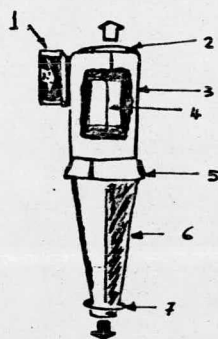
El colector ciclónico ofrece una de las alternativas más baratas para la colección de polvos desde el punto de vista de operación, mantenimiento e inversión fija.

Se emplean los ciclones para eliminar tanto sólidos y líquidos de gases, como sólidos de líquidos -- (hidrociclón) y operando a temperaturas hasta de  $1000^{\circ}\text{C}$  y presiones hasta de 500 atm. Pueden aplicarse los ciclones en la eliminación de sólidos de una corriente gaseosa cuando están involucradas partículas mayores a los  $5\mu$  de diámetro (como en nuestro caso), siempre y cuando no se instalen unidades en paralelo. Un efecto importante es la abrasión que debe tomarse en cuenta cuando se pretende coleccionar material abrasivo, en cuyo caso deberá seleccionarse un espesor mayor en la lámina.

Pueden retenerse materiales de mucho menor tamaño cuando el material presenta un alto grado de aglomeración, ó cuando las concentraciones de polvo sean muy grandes (más de  $3.53\text{ kg/m}^3$ ).

Se han dado casos en que se tiene una eficiencia del 98 % con partículas de un tamaño final de  $0.1$  a  $2\mu$ , debido básicamente al efecto de aglomeración.

### COLECTOR CICLONICO



1. *Brida de entrada*
2. *Brida del tubo central*
3. *Cilindro*
4. *Tubo central*
5. *Brida de soporte o de carga*
6. *Cono*
7. *Brida del cono*




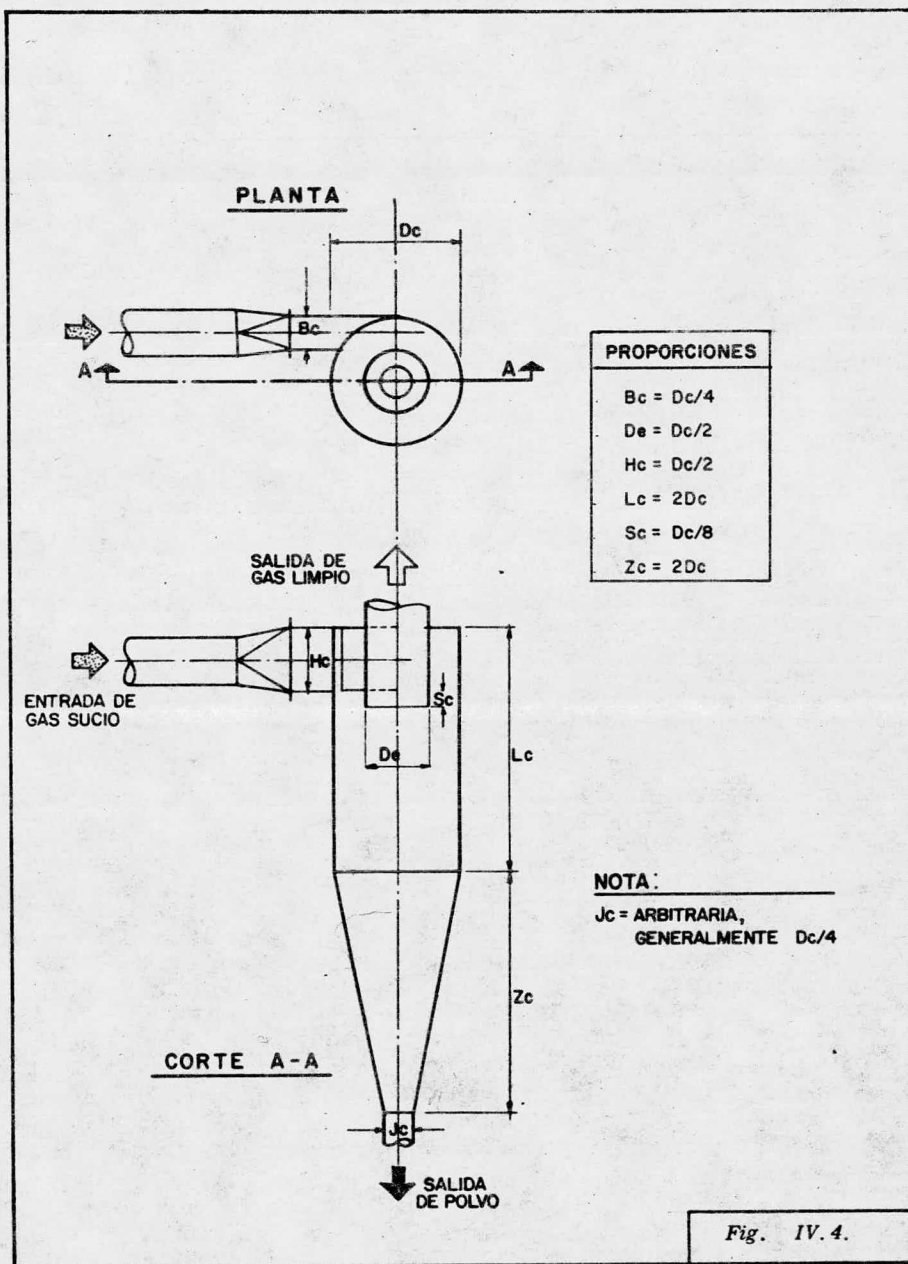
 = *Gas mezclado con polvo*  
 = *Gas limpio*  
 = *Polvo separado del gas*

FIG. IV. 3.



En un ciclón las partículas de polvo alcanzan rápidamente las velocidades finales correspondientes a sus tamaños y a su posición radial en el ciclón.

La aceleración radial en un ciclón depende del radio del camino seguido por el aire y está dada por la siguiente ecuación empírica.

$$Ae = W^2 r = \frac{b_2}{r^n} \quad \text{-----}(a)$$

siendo  $b_2$  y  $n$  constantes

El exponente  $n$  está comprendido entre 2 y 2.4. La ecuación para determinar la velocidad final es:

$$U_t = \frac{Ae d^2 (\rho_p - \rho)}{18 \gamma} \quad \text{-----}(b)$$

Combinando las ecuaciones A y B se obtiene la velocidad final de una partícula de diámetro  $d$  que gira alrededor del eje del ciclón a una distancia  $r$  en metros del centro.

$$U_t = \frac{b_2 d^2 (\rho_p - \rho)}{18 \gamma r^n}$$

Para un tamaño de partícula dado, la velocidad límite es máxima en el vértice interior donde  $r$  es pequeño y las partículas más finas separadas del aire se eliminan en dicho vértice. Estas partículas pasan a través del vértice exterior hasta la pared del ciclón y

caen fuera a través de la salida de polvo. Las partículas más pequeñas que no tienen tiempo de alcanzar la pared son retenidas por el aire y salen con él, mientras que las mayores se eliminan rápidamente.

Aunque la posibilidad de separar una partícula disminuye con el cuadrado de su diámetro, el destino de la partícula dependerá de su posición en el área de sección transversal de la corriente de entrada y de su historia en el ciclón, de modo que la separación por tamaño no es neta.

Se puede definir un diámetro correcto denominado diámetro de corte, como el diámetro para el cual se separa la mitad de la masa de partículas de entrada, reteniéndose la otra mitad en el aire.

Podemos definir la eficiencia de separación para un determinado tamaño de partículas como la fracción de masa de partículas de ese tamaño que retiene el aparato.

En la figura IV .5 se muestra una relación típica entre la eficiencia y el diámetro de las partículas para un ciclón determinado.

En cuanto a la caída de presión a través de un ciclón, se han realizado algunos intentos para tratar de calcular las pérdidas por fricción a partir de consideraciones teóricas fundamentales, pero ninguno ha sido muy convincente, pues las suposiciones hechas para simplificar el tratamiento no incluyen compresión en la entrada, fricción en las paredes, contracción o la salida factores todos de muchísima importancia.

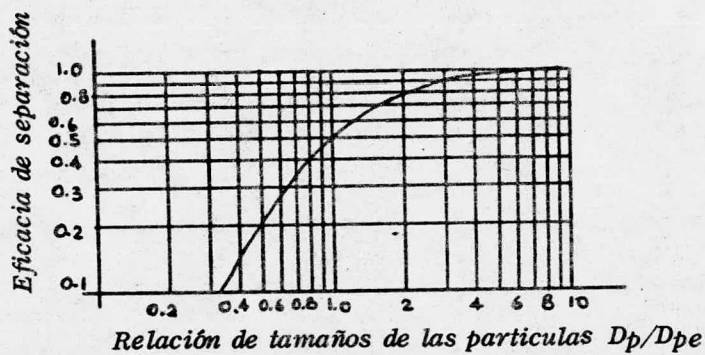
De cualquier forma los fabricantes tienen ya elaboradas gráficas de caída de presión en función del - flujo manejado y para distintos tamaños, como resultado de experimentos llevados a cabo con sus equipos.

La gráfica IV.1 es clásica.

#### SELECCION DEL CICLON

Procedemos a seleccionar el ciclón adecuado a nuestro sistema de la gráfica anterior, en base al flujo actual a manejar de  $3897.44 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

Dos tamaños pueden manejar este flujo, los - tamaños 963 y 080, obteniéndose una caída estática de - presión de 112 y 47 mm de C.A. respectivamente. (Ver gráfica No. IV.1)



RELACION TIPICA ENTRE EFICIENCIA Y TAMAÑO DE PARTICULA. Fig. IV. 5

**CAPACIDAD****CAIDA DE PRESION ESTATICA  
— FLUJO DE GAS**

Velocidad del gas en la entrada

Velocidad máxima del

gas:

Polvo no abrasivo . 17 m/s

Polvo abrasivo ..... 13 m/s

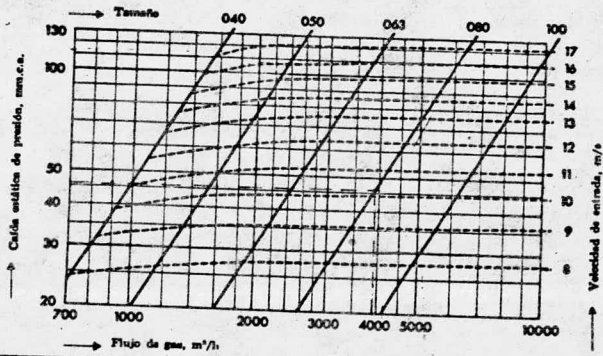
Velocidad mínima del

gas

..... 8 m/s

La caída de presión mostrada en el diagrama corresponde a gas con un peso específico de 1.2 kg/m<sup>3</sup>.

La caída de presión corresponde al ciclón con sección de salida.



Gráfica IV.1.



La tabla IV.2 es un cuadro comparativo de condiciones de operación para estos dos ciclones.

Analizando esta tabla optamos por el tamaño 080 cuyas condiciones de operación, más satisfactorias, serían las indicadas en la tabla anterior.

La eficiencia de colección promedio puede determinarse mediante la gráfica IV.2 conociendo el diámetro promedio equivalente a la velocidad de caída y conociendo la velocidad de entrada al ciclón, se prolonga la línea recta verticalmente hasta el entronque con la curva de eficiencia del colector para un tamaño específico, del entronque se traza una línea recta horizontal y se lee en el eje de eficiencias.

Por tratarse nuestro polvo de partículas sumamente abrasivas, la velocidad máxima de entrada está limitada a un valor máximo de 17 m/seg y a un valor mínimo de 8 m/seg. y queda comprendido entre los límites especificados.

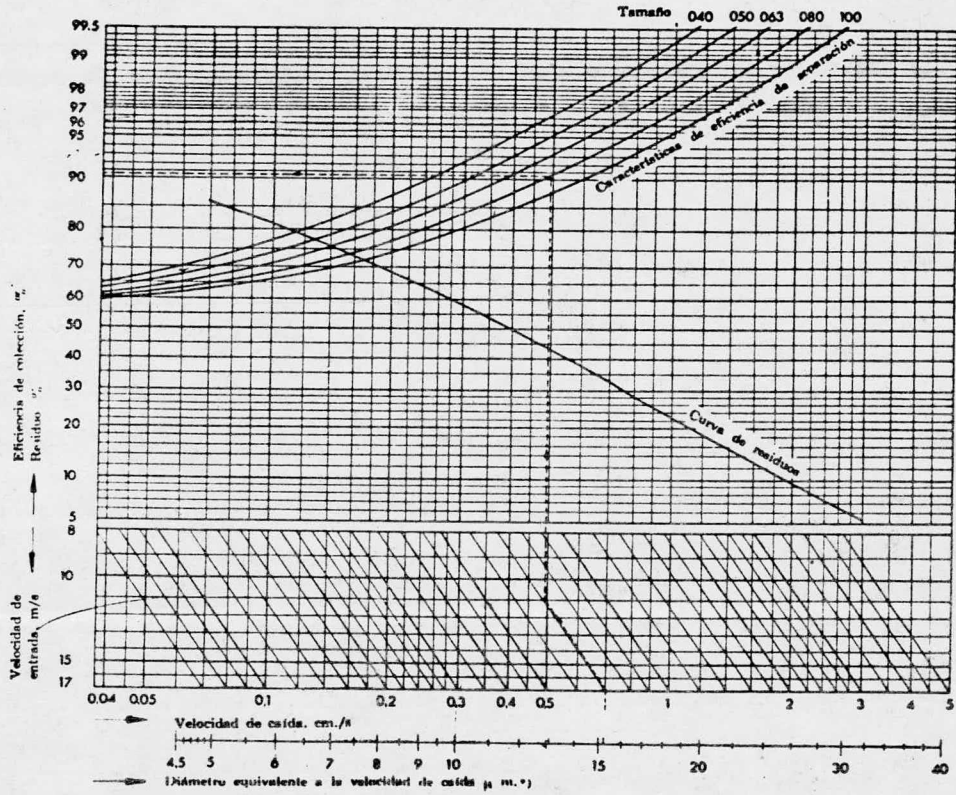
Se seleccionó además el tipo pesado, cuyo espesor de lámina es de 4.5 mm; previendo que habrá desgaste de las paredes interiores debido a la abrasividad de los polvos.

Las dimensiones del ciclón 080 aparecen en la fig. IV.6. para arreglo derecho.

Este ciclón está diseñado para coleccionar polvo de tipo granuloso o de fibra corta, contenido en el aire u otros gases, es necesario que para que su operación sea satisfactoria las impurezas sean relativamente secas y no viscosas o adhesivas. Además tiene la parti-

TABLA IV.2 CUADRO COMPARATIVO

T A M A Ñ O	063	080
Flujo ( $m^3A/hr$ )	3897.44	3897.44
$\Delta P$ (mm CA)	112	47
Velocidad de entrada en - (m/seg)	16.5	10.4
Costo inicial	menor	mayor
Desgaste esperado por abra- sión	mayor	menor
Eficiencia	mayor	menor
Potencia consumida por el ventilador	mayor	menor



EFICIENCIA DE COLECCION - VELOCIDAD DE CAIDA. Graf. IV.2

cularidad de que la entrada es helicoidal de forma balanceada, lo cual le confiere una muy alta eficiencia de separación. Su rango de temperatura de operación se extiende hasta los 350°C que es suficiente para nuestras condiciones.

A continuación se presenta la forma de colocar el ciclón, así como la forma de armarlo, incluyendo la sección de salida, el tubo de descarga, la compuerta de descarga, el recipiente de polvo (Ver Fig. IV.7).

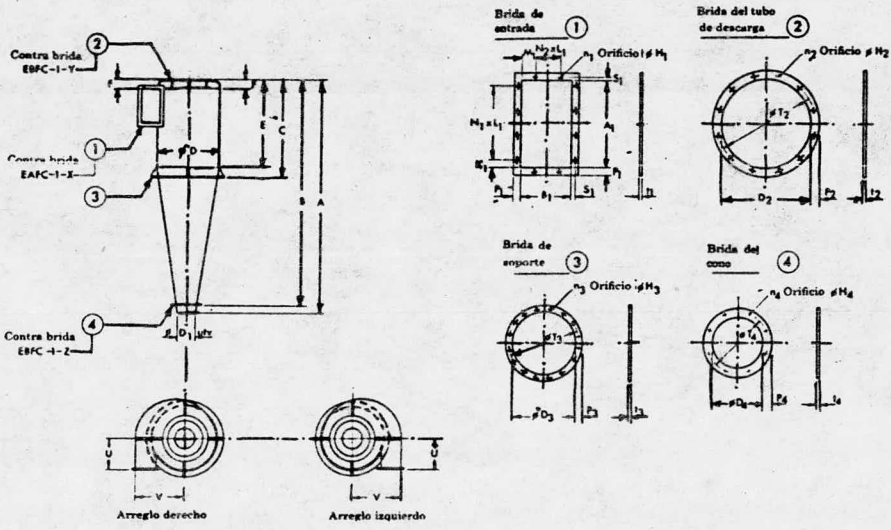
Es muy conveniente saber especificar un ciclón correctamente, pues de esta manera podemos asegurarnos que el fabricante nos proporcionará justo el ciclón que se adapta a nuestras necesidades. Para ello se incluye una forma de especificación para el ciclón que da una idea de los datos requeridos para elaborar una especificación de estos equipos.

## ESPECIFICACION

La especificación se hace como sigue:

Ciclón	Modelo de espec.	.....Ciclón. CDKB-b-c-d
	Ejemplo	2 p. Ciclón CDKB- 080-1-2
	[ Tamaño 040,050,063, <u>080</u> ,100 ]	┌──────────┐
	[ De entrada 1 = derecha 2 = izquierda (no se fabrica en el tamaño 100 ) ]	└──────────┘
	[ Tipo 1 = ligero, 2 = pesado, ]	└──────────┘

**DIMENSIONES Y PESOS**  
**CICLON CKDB**



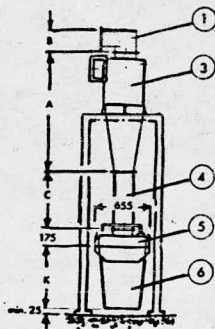
Tamaño	Brida de entrada ①																			
	A	B	C	D	D <sub>1</sub>	E	F	U	V	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	n <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> x L <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>	N <sub>2</sub> x L <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>
040	1333	1230	630	400	160	550	50	200	300	224	125	10	15	12	2 x 100	12,5	1 x 100	30	8	17
050	1730	1693	800	500	180	693	63	250	380	280	160	10	15	40	2 x 100	30	1 x 100	30	8	17
063	2317	2280	1000	650	180	880	80	315	485	355	200	12	15	27,5	3 x 100	50	1 x 100	30	8	17
080	2786	2700	1250	800	280	1100	100	400	600	450	250	16	15	25	4 x 100	25	2 x 100	30	8	17
100	3711	3625	1600	1000	280	1375	125	500	760	560	315	12	18	55	3 x 150	82,5	1 x 150	40	10	22

Tamaño	Brida del tubo de descarga ②				Brida de soporte ③					Brida del cono ④				Peso kg					
	D <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	P <sub>2</sub>	t <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	n <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>	P <sub>3</sub>	t <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>		T <sub>4</sub>	n <sub>4</sub>	H <sub>4</sub>	P <sub>4</sub>	t <sub>4</sub>
040	235	265	8	11,5	30	10	410	445	12	11,5	35	10	195	240	8	11,5	37,5	8	63
050	290	320	8	11,5	30	10	510	545	12	11,5	35	10	195	240	8	11,5	37,5	8	97
063	365	400	12	11,5	35	10	640	680	16	15	35	12	195	240	8	11,5	37,5	8	155
080	450	495	12	11,5	35	10	810	850	20	15	35	12	310	360	12	17,5	45	8	240
100	570	605	16	11,5	35	10	1010	1050	20	15	35	12	310	360	12	11,5	45	8	380

Tamaño	Contrabrida		
	X	Y	Z
040	022-012	022	020
050	028-016	028	020
063	035-020	035	020
080	045-025	045	031
100	056-031	056	031

Fig. IV.6.

## INSTALACION DE 1 CICLON



Tamaño	A	B	C	E	F	G	H	Recipiente		
								100	125	150
040	1230	225		250	200	450	500			
050	1693	280	600	315	250	565	630			
063	2280	355		400	315	715	800			
080	2700	450	1000	500	400	800	800	630	280	930
100	3625	560		630	500	1130	1260			

1. Sección de salida CKDZ-03
2. Ciclón CKDB
3. Tubo de descarga CKDZ-01
4. Compuerta de descarga KSED-20, Reg. 206.3
5. Compuerta de descarga KSED-20, Reg. 206.3
6. Recipiente de polvo según SMS 157H

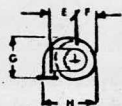


Fig. IV. 7.

Cap. No. V.

### CALCULO DE LA TRANSMISION Y EQUIPO AUXILIAR

El exámen de la aplicación de potencia mecánica a un equipo de operación puede dividirse en 2 partes que se relacionan entre sí. La primera es la fuente de potencia mecánica, que en nuestro caso es algo relativamente simple como un motor eléctrico de corriente alterna, pero que puede ser algo tan complicado como una transmisión de corriente directa, de estado sólido y de velocidad ajustable.

La segunda parte es el sistema de transmisión propiamente dicho que puede ser algo tan simple como un acoplamiento o algo tan complicado como un variador mecánico de velocidad.

Una de las consideraciones principales en selección de un sistema de transmisión de potencia es la fuente disponible de potencia. La fuente más usual actualmente es la eléctrica.

Aun cuando algunos equipos portátiles o que se encuentren en lugares remotos puedan requerir motrices tales como turbinas o motores de combustión interna, la potencia eléctrica es no sólo la más generalmente, sino la más deseable.

El sistema de potencia eléctrica, aunque con raras excepciones, es corriente eléctrica de 50 a 60 ciclos (actualmente se tiene un porcentaje de integración del 100% a 60 ciclos), y tres fases.

Aunque todavía se genera la corriente eléctrica, se ha vuelto rara como fuente primaria de energía directa. Se usa todavía la corriente primaria directa para ciertas aplicaciones tales como electro chapeado, transmisiones de velocidad ajustable, así como motores operados por baterías, sin embargo en la mayoría de las aplicaciones la energía eléctrica de corriente directa se provee por la conversión de corriente alterna o corriente directa por medio de un rectificador.

#### FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DEL SISTEMA ADECUADO

Las preguntas que deben contestarse en la aplicación de energía a un equipo son:

1.0 ¿Se requiere para la aplicación velocidad ajustable, variable o constante?.

Velocidad ajustable significa que el operador puede fijar el sistema para cualquier velocidad dentro de ciertos límites dados y el sistema operará esencialmente a esa velocidad con los cambios de carga.

Velocidad variable implica grandes cambios en velocidad con el cambio de carga.

Velocidad constante significa que el sistema opera a -- una velocidad solamente.



2.0 ¿Qué tipo y grado de regulación se requiere?

Los tipos de regulación comprenden velocidad, carga, temperatura, presión, flujo y viscosidad.

El grado de regulación se concentra generalmente en torno a la velocidad, con las otras variables en función del sistema de control de proceso. El grado de regulación de la velocidad se expresa -- comunmente como un porcentaje de la velocidad máxima a régimen de vacío, y debe tomarse en cuenta en la selección de motores de velocidad variable, ajustable o constante.

3.0 ¿Cuáles son los requisitos de par motriz para --- arranque, aceleración, desaceleración y velocidades de trabajo?

¿Se requieren aceleración y desaceleración controladas?

¿Hay un requisito especial para el par motriz de arranque?

¿ Hay un ciclo especial de servicio?

Las contestaciones a estas preguntas determinarán el tipo de sistema, los caballos de potencia, así como la velocidad necesarios. Para seleccionar -- el sistema en aplicaciones de velocidad constante, generalmente es suficiente conocer el par o la velocidad de operación y el tiempo de aceleración.

Para problemas de velocidad variable debe conocerse el par máximo en el rango de operación.

- 4.0 ¿Cuál es la eficacia del sistema? Para todos los casos prácticos, esta es una consideración sólo - en sistemas grandes, arriba de 200 caballos de potencia. La eficiencia óptima es un compromiso - entre los requisitos de la aplicación, costo total del sistema, así como costo de operación durante la vida útil del equipo.

#### MOTORES

La fuente más común de potencia eléctrica y la más sencilla es el motor de corriente alterna de 50 a 60 ciclos, 3 fases, velocidad constante, tipo estándar - motor de inducción de jaula de ardilla (Ver tabla V.1) - cuyo devanado en corto circuito permite deslizamiento.

Se caracteriza por su regulación de velocidad básicamente buena, bajo costo y aceleración no gobernada. Los motores de jaula de ardilla son por lo general de una sola velocidad, aunque existen disponibles los diseños de velocidad múltiple (2 o 4 velocidades - constantes).

Se fabrican 5 tipos estándar según especificaciones NEMA (National Electric Mfg. Assoc.).

TABLA V.1

## COMPARACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA

Designación NEMA	Marcha <sup>1</sup>	Par Motriz Mínimo <sup>2</sup>	Corte <sup>3</sup>	Corriente de arranque	Desliza- miento
A	estándar	estándar	alto	alto	estándar
B	estándar	estándar	estándar	estándar	estándar
C	alto	alto	estándar	estándar	estándar
D	el más alto	el más alto	el más alto		

- 1 Par Motriz de Arranque o de "rotor fijo".
- 2 Par Motriz de "Parada"
- 3 Par Motriz de "salida" o máximo.

NEMA Diseño B. Es el más popular y se considera el estándar o sea el motor para propósitos generales.

La corriente de arranque es baja, la regulación básica de velocidad (comunmente denominada deslizamiento en un motor de corriente alterna) es de 3 a 4 % desde carga nula hasta plena carga, un par motriz estándar tanto para arranque como para trabajo.

Las aplicaciones comprenden ventiladores, -- sopladores, bombas y máquinas herramientas. Las transmisiones de velocidad ajustable tales como la de accionamiento por motor, accionamiento hidráulico y el cople de corriente parásita usan los motores de diseño B como fuente de potencia.

Dados los requerimientos de nuestro sistema optamos por un motor justamente de inducción jaula de - ardilla Nema "B", horizontal, cerrado con ventilación, - trifásico, frecuencia 50/60 Hz, 220/440 Volts.

En base a la potencia efectiva requerida - - (4.17 HP) se procedió a seleccionar el motor adecuado - en potencia de la tabla V.2).

\* Indica el motor seleccionado.

STOCK	C.P.	POLOS	AR-MAZON	PESO APROX. KG	DATOS DE OPERACION A 100% DE CARGA NOMINAL							
					50 Hz				60 Hz			
					Amperes		R P M	Factor de servicio	Amperes		R P M	Factor de servicio
					220 V	440 V			220 V	440 V		
118 - 194	1.5	8	184T	42.0	6.8	3.4	705	1.05	5.6	2.8	850	1.15
118 - 203	2	6	184T	42.0	7.2	3.6	965	1.10	6.6	3.3	1150	1.15
118 - 204	2	8	213T	67.0	8.4	4.2	719	1.10	7.6	3.8	865	1.15
118 - 2 <sup>11</sup>	3	2	182T	37.5	9.4	4.7	2940	1.05	8.2	4.1	3560	1.15
118 - 212	3	4	182T	38.5	9.8	4.9	1443	1.05	8	4	1730	1.10
118 - 213	3	6	213T	63.2	10	5	945	1.00	9.2	4.6	1130	1.10
118 - 214	3	8	215T	81.5	12	6	713	1.00	11	5.5	850	1.10
*118 - 221	5	2	184T	47.0	13	6.5	2930	1.05	12	6	3495	1.15
118 - 222	5	4	184T	47.0	15	7.5	1450	1.00	13	6.5	1740	1.10
118 - 223	5	6	215T	78.0	16	8	960	1.10	14	7	1150	1.15
118 - 231	7.5	2	213T	67.5	20	10	2900	1.00	19	9.5	3450	1.10
118 - 232	7.5	4	213T	68.0	22	11	1450	1.00	20	10	1740	1.10
118 - 241	10	2	215T	74.4	27	13.5	2895	1.00	25	12.5	3490	1.10
118 - 242	10	4	215T	81.4	28	14	1440	1.00	26	13	1748	1.10

A este motor corresponde un armazón 1840, las dimensiones de éste se muestran en la figura V.1 y se emplean posteriormente en la determinación de la distancia entre centros.

#### TRANSMISION DE FUERZA

El sistema de transmisión ejecuta 4 funciones-claves:

- Transmite la fuerza de la máquina motriz al equipo de operación.
- Cambia la relación de velocidad entre la máquina motriz y el equipo de operación.
- Cambia la relación de par entre la máquina motriz y el equipo de operación (reducción de la velocidad implica aumento del par).
- Provee, cuando se requiere, funciones no proporcionadas por la máquina motriz, tales como velocidad ajustable o aceleración gobernada.

Los métodos mecánicos comunes de transmisión de fuerza para aplicaciones industriales utilizan: coples, embragues, ejes y cojinetes; engranes, bandas y poleas, cadenas y ruedas dentadas. Además ciertos sistemas de transmisión usan varios dispositivos hidráulicos.

Nosotros emplearemos la transmisión por poleas y bandas dados nuestros requerimientos; estos accionamientos son similares a las de cadenas en que la potencia se transmite de un miembro rotatorio a otro (las ruedas dentadas o las poleas), a través de otro dispositivo - - - -

(la cadena o la banda) las transmisiones de cadena operan positivamente, mientras que las de banda dependen de la fricción para transmitir la potencia.

Por supuesto que las transmisiones de cadena no deslizan y la tensión de la cadena puede ser relativamente baja, reduciéndose la carga sobre los cojinetes.

Absorben las cargas de choque y reducen la vibración mejor que los accionamientos de engrane. Los accionamientos de cadena se limitan generalmente a una relación de 6:1, aunque la de 10:1 es posible con el sacrificio de la vida de la cadena. Las transmisiones por banda son sin embargo, silenciosas, limpias, fáciles de instalar, trabajan con suavidad y existen disponibles para relaciones de velocidad grandes.

La selección de una transmisión de cadena o de una transmisión por banda comprende muchas de las consideraciones para la selección de engranes, esto es, potencia, por motriz, relación de reducción, velocidades, así como factor de servicio.

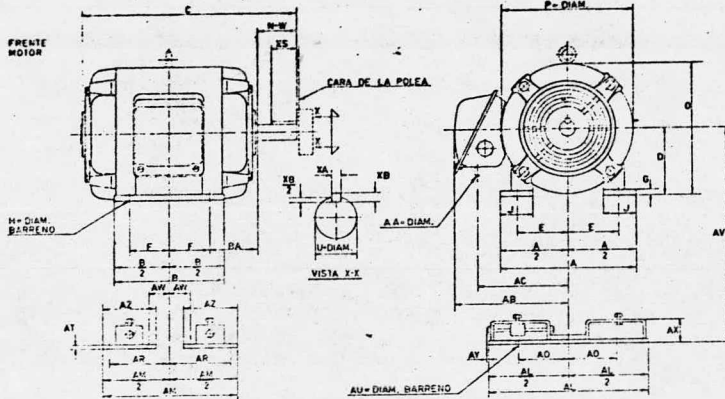
Además existen relaciones definitivas que son limitantes entre diámetro de rueda dentada o polea y longitud de cadena o banda, amén de otros factores.

El catálogo del fabricante es una buena fuente de información detallada sobre la selección de los componentes de las transmisiones por cadena o bandas.

Dadas las características de operación de nuestro equipo, optaremos por el empleo de polea y ban-

**DIMENSIONES**

**DATOS DE APLICACION DE MOTORES HORIZONTALES CERRADOS SIN VENTILACION, TRIANGULOS DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA, FRECUENCIA 50/60 HZ., 220/440 VOLTS, DISEÑO "B". ARMAZONES: 182T, 184T, 213T, 215T.**



**DIMENSIONES EN M. M. Y PLG.**

Armadura	Unidad de Medida	A	B	C	D	E	F	G	H	J	O	P	U	AA	AB	AC	AL
182 T	m.m.	239,7	115,1	347,7	114,3	95,3	57,2	7,1	19,3	50,8	276,2	223,8	28,6	19,1	188,9	161,1	323,9
	Plg.	9-7/16	4-1/2	13-11/16	4-7/2	3-3/4	2-1/4	9/32	13/32	2	8-29/32	8-13/16	1-1/8	3/4	7-7/16	6-11/32	12-3/4
184 T	m.m.	239,7	165,1	381,0	114,3	95,3	69,9	7,1	10,3	50,8	226,2	223,8	28,6	19,1	188,9	161,1	323,9
	Plg.	9-7/16	5-1/2	15	4-1/2	3-3/4	2-3/4	9/32	13/32	2	8-29/32	8-13/16	1-1/8	3/4	7-7/16	6-11/32	12-3/4
213 T	m.m.	211,9	177,8	196,9	133,4	108,0	69,9	11,1	10,3	50,8	264,3	261,1	34,9	25,4	206,4	178,6	450,9
	Plg.	10-5/16	7	15-5/8	5-1/4	4-1/4	2-3/4	7/16	13/32	2	10-13/32	10-9/32	1-5/8	1	8-1/8	7-1/32	17-3/4
215 T	m.m.	261,9	215,9	428,6	133,4	108,0	88,9	11,1	10,3	50,8	264,3	261,1	34,9	25,4	206,4	178,6	450,9
	Plg.	10-5/16	8-1/2	16-7/8	5-1/4	4-1/4	3-1/2	7/16	13/32	2	10-13/32	10-9/32	1-5/8	1	8-1/8	7-1/32	17-3/4

Armadura	Unidad de Medida	AW	AO	AR	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	H-W	KA	KB	XS	Carrera
182 T	m.m.	241,3	114,3	108,0	4,8	12,7	152,4	19,1	38,1	7,9	112,7	69,9	69,9	6,4	6,4	44,5	77,7
	Plg.	9-1/2	4-1/2	4-1/4	3/16	1/2	6	3/4	1-1/2	5/16	4-7/16	2-3/4	2-3/4	1/4	1/4	1-3/4	3-1/16
184 T	m.m.	266,7	114,3	120,7	4,8	12,7	152,4	31,8	38,1	7,9	112,7	69,9	69,9	6,4	6,4	44,5	77,7
	Plg.	10-1/2	4-1/2	4-3/4	3/16	1/2	6	1-1/4	1-1/2	5/16	4-7/16	2-3/4	2-3/4	1/4	1/4	1-3/4	3-1/16
213 T	m.m.	270,5	158,8	124,0	4,8	15,9	184,2	15,9	50,8	3,2	139,7	88,9	85,7	7,9	7,9	60,3	95,3
	Plg.	11	6-1/4	4-7/8	3/16	5/8	7-1/4	5/8	2	1/8	5-1/2	3-1/2	3-3/8	5/16	5/16	2-3/8	3-3/4
215 T	m.m.	317,7	158,8	143,0	4,8	15,9	184,2	35,1	50,8	3,2	139,7	88,9	85,7	7,9	7,9	60,3	95,3
	Plg.	12-1/2	6-1/4	5-5/8	3/16	5/8	7-1/4	1-3/8	2	1/8	5-1/2	3-1/2	3-3/8	5/16	5/16	2-3/8	3-3/4

NOTAS: LA CAJA DE CONEXIONES SE PUEDE GIRAR A 180° PARA CONEXIONES POR ARRIBA + CARRERA MAXIMA DEL MOTOR SOBRE RIELES.

**Fig. V.1.**



das, que confieren el equipo mayor flexibilidad para aumentar su capacidad.

### CALCULOS

A continuación se describe el procedimiento de cálculo para la transmisión:

#### DATOS:

##### 1.0 Ventilador

Tipo - HKMT-3

Tamaño - 025

Velocidad - 2850 rpm

Potencia real efectiva - 4.17 HP

##### 2.0 Motor

Tipo - Inducción jaula de ardilla

Velocidad - 3495 rpm. @ 60 Hz

Nb. Poleas - 2

Potencia - 5 HP

Armazón - 184 T

Factor de Servicio - 1.15 @ 60 Hz.

Paso 1.0 POTENCIA DE DISEÑO = HPd = Potencia efectiva  
real x factor de -  
Servicio\*

$$= 4.17 \times 1.0 = 4.17 \text{ HP}$$

\* El valor unitario para el factor de servicio se tomó de la tabla V.3 para las condiciones de servicio programadas esto es, servicio intermitente (de 3 a 5 hs. diarias).

## Factores de Servicio

Máquina Impulsada	Impulsor					
<p>Los tipos enumerados abajo son solamente o, emplear representativos. Escoja el grupo abajo indicado cuyas características de carga se aproximen más a las de la máquina que se está considerando.</p> <p>Si se emplean poleas intermedias, agregue al factor de servicio lo siguiente:</p>	<p><b>Motores AC:</b> Por Motor Normal, Jaula de ardilla, Sincronizados, Fuso Dividido.</p> <p><b>Motores DC:</b> Embobinado en derivación</p> <p><b>Motores de Explosión*:</b> Combustión Interna de Cilindros Múltiples</p>		<p><b>Motores AC:</b> Año Por Motor, Gran Reducción, Regulación, Inducción, Mecánicas, Embobinado en Serie, Anillos Deslizantes.</p> <p><b>Motores DC:</b> Embobinado en Serie, Embobinado Compuesto.</p> <p><b>Motores de Explosión*:</b> Combustión Interna de un solo Cilindro.</p> <p><b>Embragues Ejes de Transmisión</b></p>			
<p>Polea Intermedia en el lado sin tensión (lado interior de las bandas) ..... Nada</p> <p>Polea intermedia en el lado sin tensión (lado exterior de las bandas) ..... 0.1</p> <p>Polea intermedia en el lado con tensión (lado interior de las bandas) ..... 0.1</p> <p>Polea intermedia en el lado con tensión (lado exterior de las bandas) ..... 0.2</p>	<p>Servicio Intermitente 3 a 5 Horas por Temporada</p>	<p>Servicio Normal 8 a 10 Horas Diarias</p>	<p>Servicio Continuo 16 a 24 Horas Diarias</p>	<p>Servicio Intermitente 3 a 5 Horas Diarias o por Temporada</p>	<p>Servicio Normal 8 a 10 Horas Diarias</p>	<p>Servicio Continuo 16 a 24 Horas Diarias</p>
<p>Ajustadores de Bandas Ventiladores y extractores Compresores y Bombas centrifugas Ventiladores hasta de 10 HP Bandas transportadoras de Servicio liviano</p>	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
<p>Bandas transportadoras para Arena, Granos, etc. Mezcladoras de masa Ventiladores sobre 10 HP Generadores Ejes de Transmisión Máquinas de lavar Herramientas mecánicas Balanzas Peseas, Cizallas Maquinaria de Imprenta Bombas que operan de desplazamiento positivo Tornillos rectificantes y de vibración</p>	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
<p>Máquinas lamineras Pales elevadoras Excavadores Compresores de Pistón Transportadoras (Cubos de Arrastre y de Tornillo) Molinos a Martillo Bandas para Fábricas de Papel Bombas a Pistón Sopladoras de Desplazamiento Positivo Purificadoras Maquinaria para Aserraderos e Industrias Madereras Maquinaria Textil</p>	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
<p>Trituradoras (Rodillo Mordaza Giratoria) Molinos (Tubo-Vanilla-Rolator) Grúas Calandrias de Hule-Troqueladoras-Molinos</p>	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
<p>Equipo de Extinción* Condiciones en Riesgo de incendio*</p>	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
<p>* Aplique el factor de servicio indicado para la clasificación del motor de servicio continuo. Peste 0.2 (con un factor de servicio mínimo de 1.0) cuando se aplica a la clasificación máxima del motor.</p>		<p>* Donde prevalecen los riesgos de incendios y se aplican reglamentos de prevención contra el fuego, se recomienda que se dirijan las transmisiones empleando un factor de servicio de 2.0 sobre la clasificación HP del motor.</p>				

TABLA V. 2.

## Paso 2.0 SECCION DE LA BANDA

En la Tabla No. V.4 primera columna se traza una línea recta hacia la derecha desde el valor que muestra las rpm del eje más rápido (3495 rpm); se traza otro línea hacia arriba desde el HP de diseño-calculado en el Paso 1.0. En el área de intersección de las rectas trazadas se observa el tipo de sección de la banda, resultando banda de sección A.

## Paso 3.0 CALCULO DE LA RELACION DE VELOCIDAD

$$Rv = \frac{\text{rpm de la polea más rápida} = 3495(\text{motor})}{\text{rpm de la polea más lenta} = 2850 (\text{vent.})} = 1.225 \approx 1.23$$

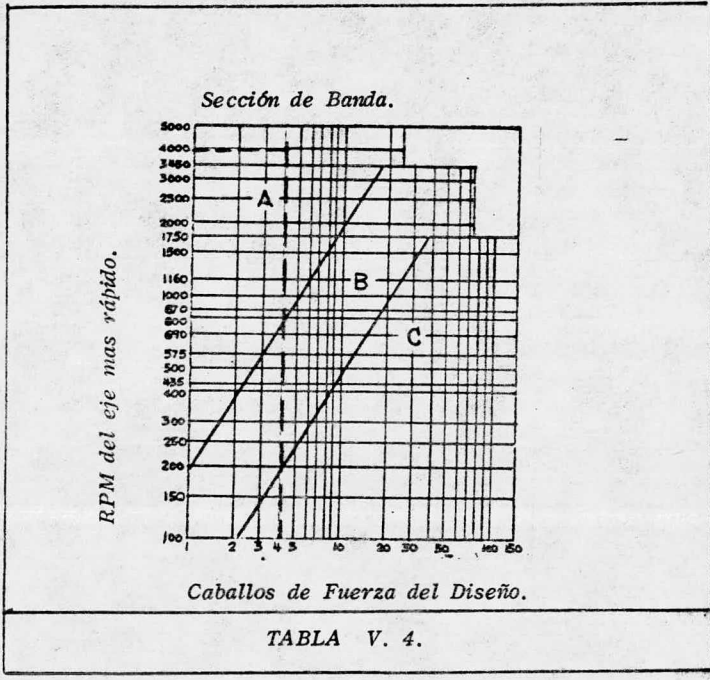
Se consulta la tabla V.5 para la selección de secciones de bandas. Se busca en la columna de relaciones el valor más próximo o la relación calculada (1.23). Como podemos ver existen 2 alternativas para esta misma relación, sin embargo es más conveniente la alternativa subrayada, pues la potencia por banda es mayor en este caso, lo que implica menor número de bandas requerido.

## Paso 4.0 DIAMETRO DE PASO DE LAS POLEAS.

En la segunda línea que indica la relación se observan los diámetros requeridos que aparecen en las 2 columnas tituladas "Diámetro de Paso de Poleas". Así:

Diámetro de paso de polea propulsora (motor)  
= 5.2 plg = 13.2 cm

Diámetro de paso de polea propulsada (ventilador) = 6.4 plg = 16.26 cm





### Paso 5.0 -- DISTANCIA ENTRE CENTROS

La distancia entre centros está limitada por las dimensiones del equipo, en el diagrama V.1 se muestra el método gráfico para determinar la distancia --- entre centros, así como el cálculo algebraico.

El valor de distancia entre flechas está -- restringido conforme a la tabla V.6 y está comprendido entre 640.5 mm y 726.75 mm.

El valor resultante para nuestro caso y del diagrama V.1 es de 650 mm y está comprendido entre los valores máximo y mínimo que se fijan en la tabla anterior para un valor de la distancia entre centros de 699-18 mm.

### Paso 6.0 POTENCIA POR BANDA

Se consulta la tabla V.5 para determinar --- la potencia por banda.

Para una velocidad del motor de 3450 rpm se tiene una potencia por banda de 5.08 HP, y para una velocidad de 1750 rpm de 3.46 HP.

Con estos valores podemos estimar los HP's - para una velocidad de 3495 rpm.

Así:

	Velocidad (rpm)	Potencia por banda(HP)
	3,495	$\infty$
$\Delta 2 = 1745$	= 1,700 {	5.08 = 1.62 } $\Delta 2 = x$
	1,750	
	1700 -	1.62
	1745 -	X

$$A^2 + B^2 = C^2$$

$$(6.50)^2 + (257.6)^2 = D.C.^2$$

$$D.C.^2 = 488857.76$$

$$D.C. = 699.18 \text{ mm}$$

D.C. = *Distancia entre centros*

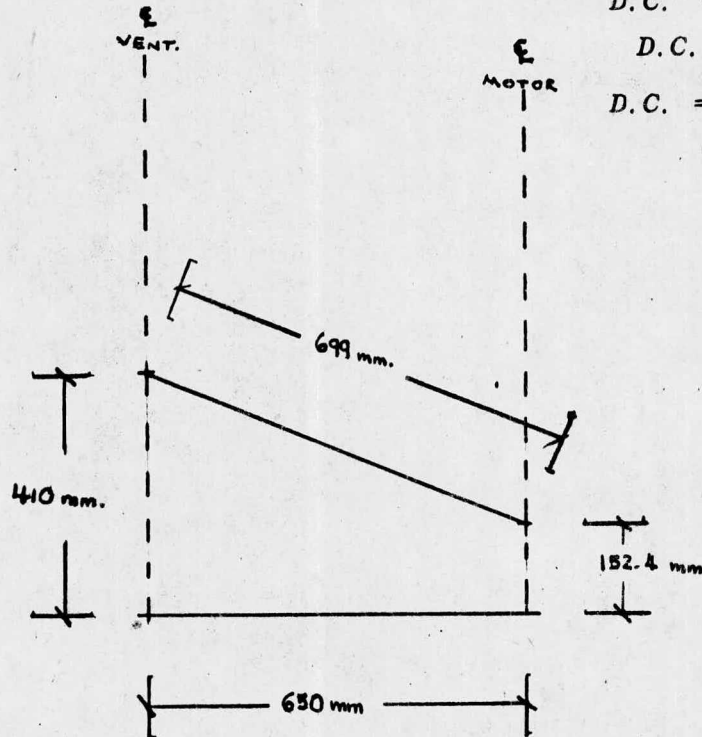


DIAGRAMA V. 1



## Colocación de ventilador y motor en la base rígida.

0°  
(d = 1)45°  
(d = 2)90°  
(d = 3)135°  
(d = 4)270°  
(d = 7)315°  
(d = 8)

## Distancia entre flechas para diferentes tamaños de ventiladores y motores

Tipo Tamaño			Motor Armazón según IEC	Distancia				Tipo-Tamaño			Motor Armazón según IEC	Distancia C/C			
				Forma 1-5		Forma 7-8						Forma 1-5		Forma 7-8	
HKL	HKM	HKH	Min.	Max.	Min.	Max.	HKL	HKM	HKH	Min.	Max.	Min.	Max.		
020	—	—	90	505	620	505	620	050	040	025	112	790	930	790	930
			100	490	630	490	630				132	785	910	785	910
			112	475	640	475	640				160	805	985	805	985
			132	480	630	480	630				180	830	970	830	970
025	016	—	90	530	640	530	640	—	—	031	200	875	1090	875	1090
			100	510	650	510	650				225	880	1065	880	1065
			112	495	655	495	655				160	972	1234	972	1234
			132	495	640	495	640				180	932	1246	932	1246
—	020	—	90	615	725	615	725	—	—	031	200	990	1170	990	1170
			100	600	735	600	735				225	1000	1190	1000	1190
			112	585	740	585	740				160	1020	1185	1020	1185
			132	585	725	585	725				180	980	1205	980	1205
031	025	010	90	645	750	645	750	063	050	040	200	975	1190	1020	1225
			100	625	755	625	755				225	985	1165	1025	1200
			112	610	745	610	745				250	1220	1455	1245	1480
			160	625	815	625	815				280S	1180	1475	1210	1500
—	—	012	90	650	755	650	755	080	063	050	160	1475	1710	1530	1760
			100	635	765	635	765				180	1475	1710	1530	1760
			112	620	770	620	770				200	1475	1695	1530	1740
			132	620	755	620	755				225	1485	1670	1535	1715
040	031	016	160	635	825	635	825	—	—	—	250	1445	1680	1495	1720
			100	745	870	745	870				280	1405	1695	1455	1740
			112	725	875	725	875				315S	1420	1665	1465	1700
			132	725	860	725	860				112M-225M	1270	1370	1270	1370
—	—	020	160	760	945	760	945	090	071	—	2150M-315 L	1550	1730	1550	1730
			180	785	930	785	930	100	080	063	112M-225M	1590	1710	1590	1710
			200	835	1060	835	1060	112	090	071	250M-315 L	1650	1830	1650	1830
			100	770	895	770	895	132 S - 225M	1510	1620	1510	1620			
—	—	020	112	750	900	750	900	250M-315 L	1730	1830	1730	1830			
			132	750	880	750	880	355 S - 355M	1750	1950	1750	1950			
			160	775	960	775	960	160M-225M	1610	1720	1610	1720			
			180	805	945	805	945	250M-355M	1820	2000	1820	2000			
140	112	090	160M-225M	1780	1880	1780	1880	160	125	100	160M-225M	1970	2080	1970	2080
			250M-355M	2060	2240	2060	2240				250M-355M	2220	2390	2220	2390

Nota: Para motores armazón NEMA La distancia C / C min. se aumenta 5 %  
La distancia C / C máx. se disminuye 5 %

TABLA V. 6.

$$X = \frac{1745 \times 1.62}{1700} = 1.66$$

Ahora procedemos al calculo de la potencia por banda  $\alpha$ :

$$\alpha = 3.46 + \Delta_2'(x) = 3.46 + 1.66 \cdot 5.12 \text{ HP.}$$

Sin embargo debemos corregir este valor por el factor Arco-longitud tomándose el valor equivalente más próximo a la distancia entre centros (69.92 que sería - de 73.66

Con este valor el factor de corrección (Fc) es de 1.01 Por lo que:

$$\text{Potencia por banda corregida} = \alpha \times Fc = 5.12 \times 1.01 = 5.17 \text{ HP}$$

A partir de esta columna también podemos ver el tipo de banda que sería una

A-75.

#### Paso 7.0 NUMEROS DE BANDAS REQUERIDAS.

Se divide la potencia de Diseño calculada en el paso 1.0 entre el valor de potencia por banda corregida obtenida en el Paso 6.0.

$$\text{HPd/} \times Fc = \frac{4.17}{5.17} = \underline{0.807} \text{ bandas}$$

Como el resultado es una función, se usa el número entero inmediato superior como el total de bandas requeridas, que sería igual a 1 (uno)

Las poleas que se requieren para este tipo de bandas tendrían las características que se especifica en la tabla V.7.

Solo resta determinar las características de la base soporte, pues no hay que olvidar que es muy conveniente instalar una base soporte rígida común al motor y al ventilador.

Las dimensiones de ésta se presentan en el diagrama V.2.

Seleccionándose a partir de la tabla V.8.

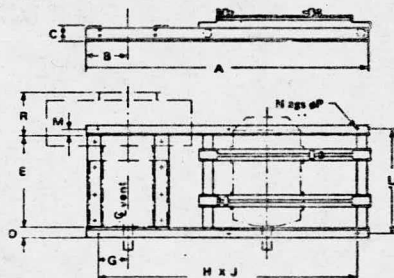
De esta manera queda integrado el sistema de transmisión y equipo auxiliar, cuyos componentes pueden resumirse en la siguiente tabla:

Descripción	No. de Unidades	Características
Motor	1	Inducción jaula de ardilla, 2 polos, 60 Hz, 5 HP, -- 3495 rpm, Armazón 184 T, Fs = 1.15
Bandas	1	Tipo A <sub>75</sub> (marca Dodge)
Polea motor	1	∅ paso = 5.2 plg, 1 ranura ∅ flecha = 1 1/8 plg.
Polea ventilador	1	∅ paso = 6.4 plg, 1 ranura ∅ flecha = 1 1/4 plg
Bujes	2	No. 1615, ∅ int = 15/16 a 1 1/4 plg
Base rígida	1	Tipo H KVZ-21-clave C=004 marca (S.F.)
		TABLA V.7

## DIMENSIONES Y PESOS, CONT.

Base rígida HKVZ-21

Tamaños (clave C) 001-013

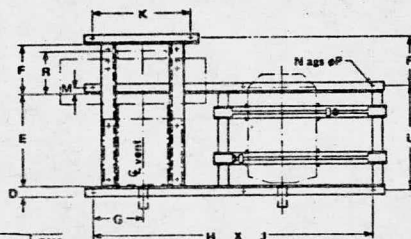


Tamaño Clave C	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	N	N'	F'	peso kg
001, 002	995	147	50	45	330	-	82	1	875	-	380	25	4	19/32	18
003	1110	179	47	45	350	-	119	1	950	-	470	25	4	19/32	18
005	1230	179	64	40	420	-	119	1	1110	-	406	23	4	19/32	26
006, 007	1285	257	64	60	550	-	182	2	567	-	620	35	6	23/32	30
008, 009	1420	257	79	50	550	-	182	2	635	-	610	30	6	23/32	38
010, 011	1650	257	94	60	550	-	182	2	750	-	620	35	6	23/32	60
012, 013	1795	292	94	60	600	-	217	2	822	-	670	35	6	23/32	62
014, 017	1840	372	95	60	640	557	322	2	870	644	710	35	8	23/32	80
018, 019	2130	372	105	75	640	557	322	2	1015	644	720	40	8	7/8"	96
020, 025	2410	448	128	80	690	695	388	2	1140	775	780	45	8	7/8"	155

## Tamaños 014-025

Cuando la clave C de la Esp. sea un Núm. par, la base se fabrica como se indica en el dibujo.

Cuando la clave C de la Esp. sea un Núm. impar, la base se fabrica con proyección espejo a la indicada en el dibujo.



HKL		HKM		HKH	
Tam	R	Tam	R	Tam	R
020	160	016	126	010	75
025	207	020	118	012	95
031	261	025	206	016	75
040	291	031	215	020	115
050	393	040	309	025	180
063	504	050	404	031	290
080	674	063	512	040	315
				050	410

Diagrama V. 2.

Accesorio No. 21.-Base rígida estructural HKVZ-21											
Las bases se seleccionan del siguiente cuadro:											
VENTILADOR					BASE RÍGIDA						
Tipo			Rotación "D" Derecho "I" Izquierdo	Dirección de Descarga	HKVZ- -21-	Con motor IEC tamaño					
HKL	HKM	HKH				71 90	112 132	160 180	200 225	250 280 315S	315M,L 355S,M
Tamaño						Con motor nema tamaño					
						143T	145T	182T	254T, 256T 284T, TS 286T, TS 324T, TS	326T, TS 364T, TS 365T, TS	444T, TS 445T, TS
Clave C											
020 025	016	—	D, I	1,2,3,4,7,8	1,2,3	001	002	—	—	—	—
031	020 025	010 012	D, I	1,2,3,4,7,8	1,2,3	003	004	005	—	—	—
040	031	016	D, I	1,2,3,4,7,8	1,2,3	—	006	008	010	—	—
050	040	020 025	D, I	1,2,3,4,7,8	1,2,3	—	007	009	011	—	—
—	—	031	D, I	1,2,3,4,7,8	1,2,3	—	—	012	013	—	—
063	050	040	D	1,2,7,8 3,4	1,2,3	—	—	014	016	018	—
			I	3,4 1,2,7,8	1,2,3	—	—	015	017	019	—
080	063	050	D	1,2,7,8 3,4	1,2,3	—	—	020	022	024	—
			I	3,4 1,2,7,8	1,2,3	—	—	021	023	025	—
090	—	—	D	1,2 3	1,2,3	—	—	026	026	126	126
			I	3 1,2	1,2,3	—	—	027	027	127	127
—	071	—	D	1,2 3	1,2,3	—	—	028	028	128	128
			I	3 1,2	1,2,3	—	—	029	029	129	129
100	—	—	D	1,2 3	1,2,3	—	—	030	030	130	130
			I	3 1,2	1,2,3	—	—	031	031	131	131
—	080	—	D	1,2 3	1,2,3	—	—	032	032	132	132
			I	3 1,2	1,2,3	—	—	033	033	133	133
—	—	063	D	1,2 3	1,2,3	—	—	034	034	134	134
			I	3 1,2	1,2,3	—	—	035	035	135	135
112	—	—	D	1,2 3	1,2,3	—	—	036	036	136	136
			I	3 1,2	1,2,3	—	—	037	037	137	137

Tabla V. 8.

EVALUACION DE CONDICIONES DE FLUJO.

## CAP. No. VI.

Es evidente que una vez instalado y puesto en marcha el equipo, se requiera evaluar si las condiciones de flujo que se tienen son efectivamente las condiciones que se estipularon para diseño.

Para ello, es necesario determinar primero la velocidad promedio del aire en el conducto, y luego calcular el flujo. Esto implica escoger un punto a lo largo del conducto de extracción donde el flujo sea lo más uniforme posible; a este punto se le denomina: estación de prueba.

Se recomienda que la estación de prueba se localice de 6 a 8 veces el diámetro del conducto corriente abajo de cualquier fuente de turbulencias como pueden ser codos, reducciones, expansiones, descargas de ventiladores, entradas o salidas de ciclones, etc.

En nuestro caso contamos con un tramo recto horizontal de 14.30 mts. de longitud, de tal forma que la localización de la estación de prueba para efectuar las mediciones sería de 11.44 mts. después del primer codo en el sentido del flujo y 2.86 mts. antes del segundo codo en el mismo sentido. (Ver Figura VI.1).

Ya localizada la estación de prueba, se procede a determinar el número mínimo de puntos de prueba en base a la figura número VI.2. Viendo esta figura, se aprecia que si cuenta con una distancia de 8 o más veces el

diámetro del conducto después de la primera turbulencia y dos o más veces el diámetro del mismo conducto antes de la segunda turbulencia corriente abajo, el número mínimo de puntos a lo largo de cada uno de los ejes el constante y de valor igual a 10..

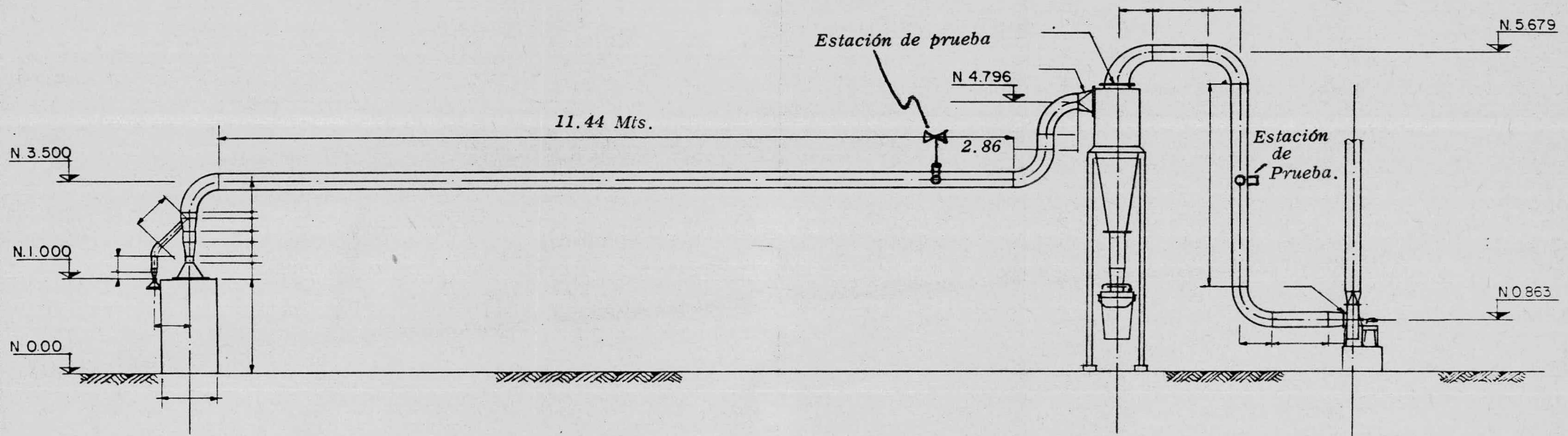
Se sugiere emplear un número mayor de puntos de prueba a lo largo del eje vertical pues por tratarse de un ducto en posición horizontal podría darse el caso de posible estratificación. Se recomiendan 20 puntos de prueba cuya localización puede fijarse conforme a la tabla VI.1.

Para el eje horizontal, la posición de los 10 puntos de prueba puede determinarse mediante la misma tabla (donde se expresa la posición en % del diámetro interior) - o bien, puede recurrirse a la tabla VI.2, en la cual se fija la posición en la forma directa, conociendo el diámetro interior del ducto.

Se recomienda instalar 2 registros muestreo en la estación de la prueba, uno a 90 grados del otro, perforando el ducto y soldando 2 medios coples industriales de 76 mm. de diámetro, contándose con 2 tapones macho - que permitan sellar los registros una vez terminadas - las pruebas.

Es muy conveniente que estos registros se instalen durante la fabricación de los ductos, y de esta manera se pueda contar en forma permanente con una estación de prueba que permita medir en un momento dado las condiciones de operación y ver si son satisfactorias.

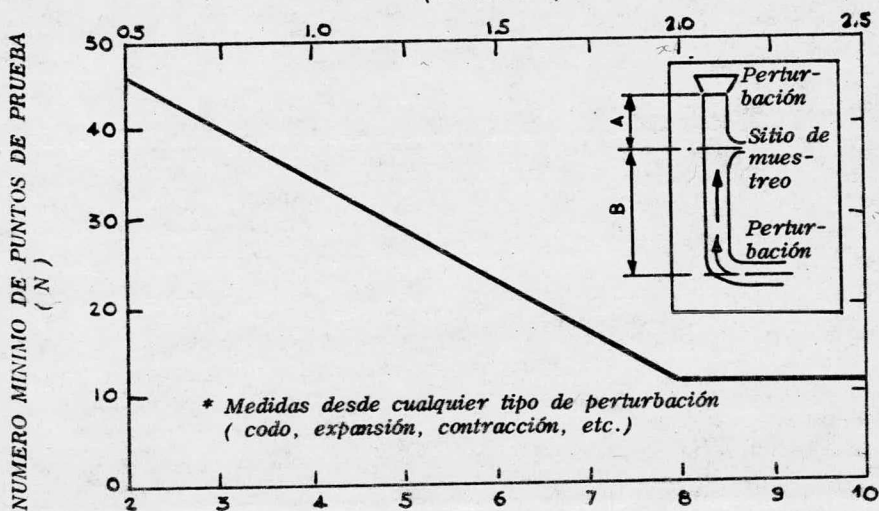




CONJUNTO GENERAL.- DIAGRAMA

Fig. VI. 1.

NUMERO DE DIAMETROS DEL CONDUCTO EN CONTRA DEL SENTIDO  
DEL FLUJO \*  
(Distancia A)



NUMERO DE DIAMETROS DEL CONDUCTO EN EL SENTIDO DEL FLUJO\*  
(Distancia B)

USO DE LA FIGURA

1. Se determina A y B.
2. Se determina N para cada distancia.
3. Se selecciona el mayor de los valores de N, cuando éste no sea múltiplo de 4, se toma el siguiente número mayor que si lo sea.

Determinación del número de puntos de prueba en  
conductos de sección circular.

FIG. VI.2

Ya, localizados los puntos de muestreo y fijado el número mínimo de puntos de prueba para cada uno de los ejes transversales, debe procederse bajo condiciones estables de operación, a medir en cada uno de puntos de prueba la presión dinámica mediante el uso de un tubo Pitot y un manómetro diferencial tipo inclinado (Ver figura VI.3).

El tubo Pitot puede ser una estándar cuyo coeficiente es igual a la unidad o cuando pueda haber problemas de taponeamiento del estándar por cargas altas de polvo, presencia de humedad condensable o velocidades próximas a los 3 m/seg. debe usarse un tubo Pitot especial, coeficiente es menor a la unidad y debe determinarse calibrándolo con un tubo Pitot de coeficiente conocido exactamente a las mismas condiciones de operación, de tal forma que el coeficiente al determinar pueda calcularse mediante la siguiente expresión:

$$Q = C_n \sqrt{\frac{H_n}{H}}$$

Donde:

C = Coeficiente tubo Pitot a determinar.

C<sub>n</sub> = Coeficiente tubo Pitot conocido.

H<sub>n</sub> = Presión dinámica medida por el tubo Pitot de coeficiente conocido.

Número del punto transversal sobre un diámetro.	Número de puntos transversales sobre un diámetro.									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1	4.4	3.3	2.5	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.1	1.1
2	14.7	10.5	8.2	6.7	5.7	4.9	4.4	3.9	3.5	3.2
3	29.5	19.4	14.6	11.8	9.9	8.5	7.5	6.7	6.0	5.5
4	70.5	32.3	22.6	17.7	14.6	12.5	10.9	9.7	8.7	7.9
5	85.3	67.7	34.2	25.0	20.1	16.9	14.6	12.9	11.6	10.5
6	95.6	80.6	65.8	35.5	26.9	22.0	18.8	16.5	14.6	13.2
7		89.5	77.4	64.5	36.6	28.3	23.6	20.4	18.0	16.1
8		96.7	85.4	75.0	63.4	37.5	29.6	25.0	21.8	19.4
9			91.8	82.3	73.1	62.5	38.2	30.6	26.1	23.0
10			97.5	88.2	79.9	71.7	61.8	38.8	31.5	27.2
11				93.3	85.4	78.0	70.4	61.2	39.3	32.3
12				97.9	90.1	83.1	76.4	69.4	60.7	39.8
13					94.3	87.5	81.2	75.0	68.5	60.2
14					98.2	91.5	85.4	79.6	73.9	67.7
15						95.1	89.1	83.5	78.2	72.8
16						98.4	92.5	87.1	82.0	77.0
17							95.6	90.3	85.4	80.6
18							98.6	93.3	88.4	83.9
19								96.1	91.3	86.8
20								98.7	94.0	89.5
21									96.5	92.1
22									98.9	94.5
23										96.8
24										98.9

Localización de Puntos Transversales en conductos Circulares  
(% del diámetro del conducto desde la pared interior hasta  
el punto transversal)

TABLA VI.1

DUCT DIA	R <sub>1</sub> 0.026 DIA	R <sub>2</sub> 0.082 DIA	R <sub>3</sub> 0.146 DIA	R <sub>4</sub> 0.226 DIA	R <sub>5</sub> 0.342 DIA	R <sub>6</sub> 0.658 DIA	R <sub>7</sub> 0.774 DIA	R <sub>8</sub> 0.854 DIA	R <sub>9</sub> 0.918 DIA	R <sub>10</sub> 0.974 DIA
4	¼	¾	¾	¾	1½	2½	3½	3½	3½	3½
4½	¼	¾	¾	1	1½	3	3½	3½	4½	4½
5	¼	¾	¾	1½	1½	3½	3½	4½	4½	4½
5½	¼	¾	¾	1½	1½	3½	4½	4½	5	5½
6	¼	¾	¾	1½	2	4	4½	5½	5½	5½
7	¼	¾	1	1½	2½	4½	5½	6	6½	6½
8	¼	¾	1½	1½	2½	5½	6½	6½	7½	7½
9	¼	¾	1½	2	3½	5½	7	7½	8½	8½
10	¼	¾	1½	2½	3½	6½	7½	8½	9½	9½
11	¼	¾	1½	2½	3½	7½	8½	9½	10½	10½
12	¾	1	1½	2½	4½	7½	9½	10½	11	11½
13	¾	1	1½	2½	4½	8½	10½	11½	12	12½
14	¾	1½	2	3½	4½	9½	10½	12	12½	13½
15	¾	1½	2½	3½	5½	9½	11½	12½	13½	14½
16	¾	1½	2½	3½	5½	10½	12½	13½	14½	15½
17	¾	1½	2½	3½	5½	11½	13½	14½	15½	16½
18	½	1½	2½	4½	6½	11½	13½	15½	16½	17½
19	½	1½	2½	4½	6½	12½	14½	16½	17½	18½
20	½	1½	2½	4½	6½	13½	15½	17½	18½	19½
22	¾	1½	3½	5	7½	14½	17	18½	20½	21½
24	¾	2	3½	5½	8½	15½	18½	20½	22	23½
26	¾	2½	3½	5½	8½	17½	20½	22½	23½	25½
28	¾	2½	4½	6½	9½	18½	21½	23½	25½	27½
30	¾	2½	4½	6½	10½	19½	23½	25½	27½	29½
32	¾	2½	4½	7½	11	21	24½	27½	29½	31½
34	¾	2½	5	7½	11½	22½	26½	29	31½	33½
36	1	3	5½	8½	12½	23½	27½	30½	33	35
38	1	3½	5½	8½	13	25	29½	32½	34½	37
40	1	3½	5½	9	13½	26½	31	34½	36½	39
42	1½	3½	6½	9½	14½	27½	32½	35½	38½	40½
44	1½	3½	6½	10	15	29	34	37½	40½	42½
46	1½	3½	6½	10½	15½	30½	35½	39½	42½	44½
48	1½	4	7	10½	16½	31½	37½	41	44	46½

Distancia de la pared en conductos  
circulares al punto de toma de lec-  
tura para 10 puntos transversos.

TABLA VI.2

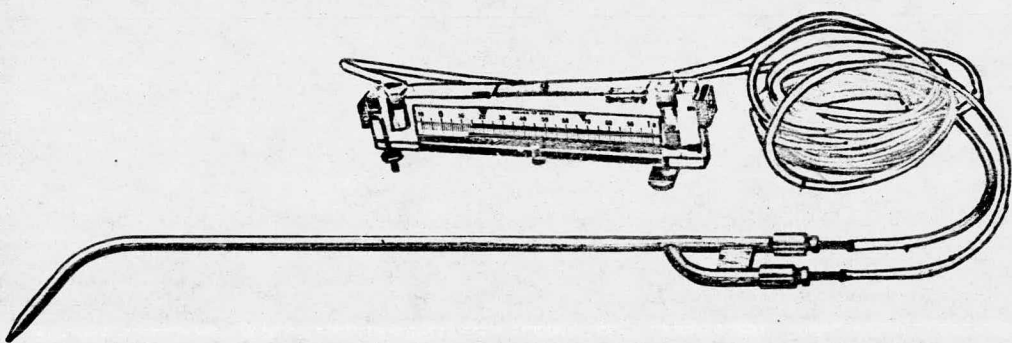


FIG. VI.3      Tubo pitot y manómetro diferencial tipo      inclinado

$H$  = Presión dinámica medida por el tubo Pitot a verificar.

Es necesario comparar los coeficientes para tubos de Pitot "Especial", primero con una boca apuntando en dirección del flujo, y luego invirtiendo la posición.

Se empleará el tubo única y exclusivamente si los dos coeficientes así determinados, no difieren en valor más de 0.01. En la figura VI.4 se aprecian los detalles para el Pitot estándar y especial. En el caso su puesto de cargas exageradas de polvo, es recomendable el empleo de Tubo Pitot, tipo invertido.

Se debe conectar el tubo interior del Pitot que mi de presión total o de impacto a un extremo del manómetro y el otro tubo concéntrico del Pitot, que mide presión estática al otro extremo del manómetro.

Partiendo de la base que la  $P$  total es igual a la dinámica más la estática, se concluye que la lectura en el manómetro diferencial será precisamente la presión dinámica en un punto.

Es importante hacer notar que en caso de emplearse un sistema Tubo Pitot estándar - manómetro diferencial para velocidades de 17.78 m/seg. se tendrá un margen de error de + 0.273% extrapolando de la tabla VI.3, este procedimiento es válido para velocidades superiores a los 3 m/seg. (de la misma tabla), y como nuestro sistema ha sido diseñado para manejarse a una velocidad de transporte de 17.78 m/seg. el método es perfectamente aplicable.



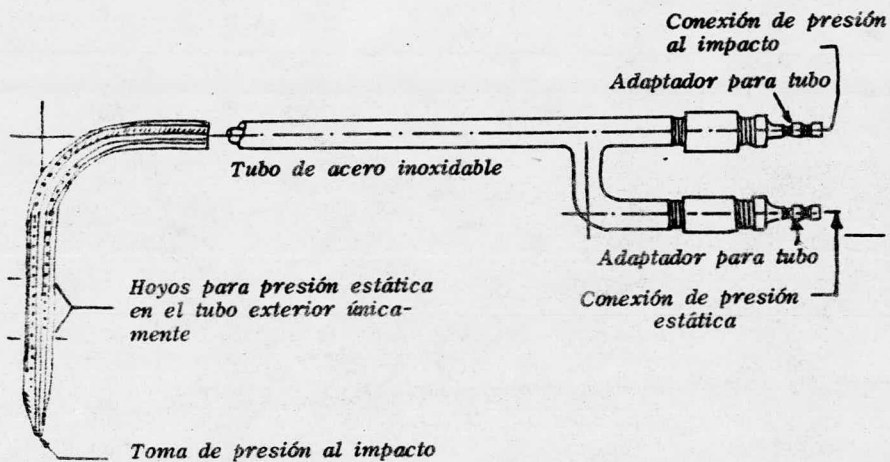


FIG. VI. 4.A DETALLES DE TUBO PITOT ESTANDAR

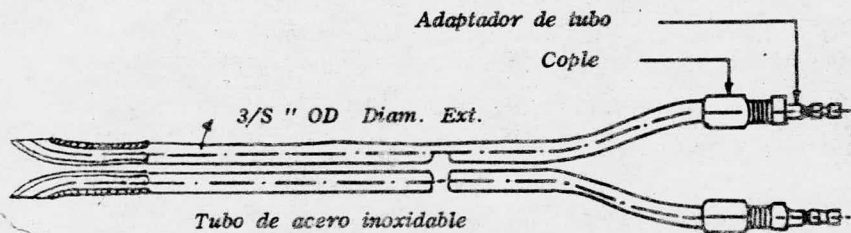


FIG. VI. 4.B TUBO PITOT TIPO "S" (ESPECIAL)



### PROCEDIMIENTO

Debe determinarse la densidad real del aire, lo cual puede hacerse multiplicando la densidad @ 21 °C y 760 mm Hg por el factor de densidad, este último puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$d = \frac{294}{273 + T} \times \frac{B}{760}$$

Donde:

T = Temperatura en grados centígrados.

B = Presión barométrica en mm. de Hg.

o bien puede recurrirse a la Fig. III 7 conociéndose la altura sobre el nivel del mar y la temperatura media del aire en el ducto, valor entre la temperatura antes y después de la prueba.

Se nivela el manómetro y se calibra a cero antes de conectarse al tubo Pitot, en seguida se conecta éste último al manómetro y se vuelve a ajustar a cero en la escala con la boquilla protegida de corrientes de aire, sin taparlo, haciendo los ajustes en caso necesario.

A continuación se introduce el tubo de Pitot en el punto deseado evitando efectos indeseables de presión en el manómetro, debiendo en su caso, sellarse la abertura de que queda entre el tubo de Pitot y el registro de muestreo, se procede entonces a tomar las lecturas de P. dinámica en cada uno de los puntos determinados previa-

Velocidad (m/seg)	% de Error
20.320	0.25
15.240	0.3
10.160	1.0
5.080	4.0
4.064	6.0
3.048	15.0
	TABLA VI.3

mente dando tiempo en cada uno de éstos a que se establezca la lectura, y en caso de fluctuaciones persistentes, deberá tomarse el promedio; una vez concluida la corrida, debe comprobarse el ajuste original del manómetro, y en caso de desajuste, deshecharse las lecturas

Los datos obtenidos pueden registrarse en un formato como el de la figura No. VI.5.

Cabe mencionar que debe determinarse el promedio de la raíz cuadrada de la Presión dinámica y luego elevarse al cuadrado para obtener la presión dinámica promedio, y no promediarse directamente las lecturas de la P. dinámica.

Con el valor de la densidad real, temperatura promedio y P. dinámica promedio se procede a calcular la velocidad promedio y el flujo.

CALCULOS:

$$\bar{V} = 0.077 \times C \sqrt{\frac{\bar{P}_d}{D_r} \cdot \frac{P}{T}}$$

## HOJA DE REGISTRO DE DATOS

Fecha \_\_\_\_\_ Prueba No. \_\_\_\_\_

Nombre de la Empresa \_\_\_\_\_

Fuente Emisora \_\_\_\_\_ Pe \_\_\_\_\_ Pa \_\_\_\_\_

Corrida No. \_\_\_\_\_

Corrida No. \_\_\_\_\_

Punto Número	X	Pd	$\sqrt{Pd}$	Punto Número	X	Pd	$\sqrt{Pd}$
--------------	---	----	-------------	--------------	---	----	-------------

 $\sum \sqrt{Pd} =$  $\sum \sqrt{Pd} =$ 

Ti = \_\_\_\_\_ °K Tf = \_\_\_\_\_ °K Ti = \_\_\_\_\_ °K Tf = \_\_\_\_\_ °K

Cálculos

$$\bar{T} = \frac{Ti + Tf}{2} = \text{_____} \text{ } ^\circ K$$

$$\bar{Pd} = \left( \frac{\sum \sqrt{Pd}}{N} \right)^2 = \text{_____} Pa$$

$$\bar{V} = 0.077 C \sqrt{\frac{Pd}{Dr}} \frac{P}{T} = \text{_____} \frac{m}{s}$$

$$F = V.A = \text{_____} \frac{m^3 \text{ normales}}{s}$$

$\bar{V}$  = Velocidad media del gas en el conducto m/seg.

P = Presión absoluta en el conducto en pascales —  
 Patmosférica + Pmanométrica.

T = Temperatura media absoluta del gas en °K.

C = Coefficiente del Tubo Pitot

Dr = Densidad real en el conducto  $\text{kg/m}^3 = 1.2 \times \text{fac}$ —  
 tor de densidad.

Pd = Presión dinámica media, pa.

$$Q = \bar{V} \times A$$

Donde:

Q = Flujo de aire en condiciones reales en  $\text{m}^3/\text{seg}$ .

$\bar{V}$  = Velocidad media del gas en el ducto en m/seg.

A = Area interna de la sección transversal del con—  
 ducto en la estación de prueba en  $\text{m}^2$ .

El área puede determinarse mediante la tabla VI.4 o —  
 bien calcularse por medio de la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

A = Area de sección transversal en  $m^2$

D = Diámetro interno del conducto en m.

Ya calculado el flujo, podríamos verificar si efectivamente las condiciones de flujo que se tienen coinciden con las de diseño; esto además es un cálculo preliminar necesario para el muestreo isocinético de partículas que se describe en el Capítulo VIII, tanto para evaluar la eficiencia de captación de polvo del equipo, como para determinar la emisión que se tiene a la atmósfera, y de esta manera rectificar que este no exceda los límites establecidos por el reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica originada por la emisión de humos y polvos actualmente en vigor.

AREA Y CIRCUNFERENCIA DE CIRCULOS								
DIAM. cm	AREA m <sup>2</sup>	CIRC. cm	DIAM. cm	AREA m <sup>2</sup>	CIRC. cm	DIAM. cm	AREA m <sup>2</sup>	CIRC. cm
1	0.000079	3.142	42	0.1385	131.9	122	1.169	383.3
2	0.000314	6.283	44	0.1521	138.2	124	1.208	389.6
3	0.000707	9.425	46	0.1662	144.5	126	1.247	395.8
4	0.001257	12.57	48	0.1810	150.8	128	1.287	402.1
5	0.001963	15.71	50	0.1963	157.1	130	1.327	408.4
6	0.002827	18.85	52	0.2124	163.4	132	1.368	414.7
7	0.003848	21.99	54	0.2290	169.6	134	1.410	421.0
8	0.005027	25.13	56	0.2463	175.9	136	1.453	427.3
9	0.006362	28.27	58	0.2642	182.2	138	1.496	433.5
10	0.007854	31.42	60	0.2827	188.5	140	1.539	439.8
11	0.009503	34.56	62	0.3019	194.8	142	1.584	446.1
12	0.01131	37.70	64	0.3217	201.1	144	1.629	452.4
13	0.01327	40.84	66	0.3421	207.3	146	1.674	458.7
14	0.01539	43.98	68	0.3632	213.6	148	1.720	465.0
15	0.01767	47.12	70	0.3848	219.9	150	1.767	471.2
16	0.02011	50.27	72	0.4071	226.2	152	1.815	477.5
17	0.02270	53.41	74	0.4301	232.5	154	1.863	483.8
18	0.02545	56.55	76	0.4536	238.8	156	1.911	490.1
19	0.02835	59.69	78	0.4778	245.0	158	1.961	496.4
20	0.03142	62.83	80	0.5027	251.3	160	2.011	502.7
21	0.03464	65.97	82	0.5281	257.6	162	2.061	508.9
22	0.03801	69.11	84	0.5542	263.9	164	2.112	515.2
23	0.04155	72.26	86	0.5809	270.2	166	2.164	521.5
24	0.04524	75.40	88	0.6082	276.5	168	2.217	527.8
25	0.04909	78.54	90	0.6362	282.7	170	2.270	534.1
26	0.05309	81.68	92	0.6648	289.0	172	2.324	540.4
27	0.05726	84.82	94	0.6940	295.3	174	2.378	546.6
28	0.06158	87.96	96	0.7238	301.6	176	2.433	552.9
29	0.06605	91.11	98	0.7543	307.9	178	2.488	559.2
30	0.07069	94.25	100	0.7854	314.2	180	2.545	565.5
31	0.07548	97.39	102	0.8171	320.4	182	2.602	571.8
32	0.08042	100.5	104	0.8495	326.7	184	2.659	578.1
33	0.08553	103.7	106	0.8825	333.0	186	2.717	584.3
34	0.09079	106.8	108	0.9161	339.3	188	2.776	590.6
35	0.09621	110.0	110	0.9503	345.6	190	2.835	596.9
36	0.1018	113.1	112	0.9852	351.9	192	2.895	603.2
37	0.1075	116.2	114	1.021	358.1	194	2.956	609.5
38	0.1134	119.4	116	1.057	364.4	196	3.017	615.8
39	0.1195	122.5	118	1.094	370.7	198	3.079	622.0
40	0.1257	125.7	120	1.131	377.0	200	3.142	628.3

TABLA VI. 4

CAP. No. VII.

EVALUACION DE EFICIENCIA DE COLECCION DE  
EQUIPO DE CONTROL Y EMISION A LA ATMOSFERA.

Una vez funcionando el sistema de extracción, se requiere evaluar la eficiencia de colección del equipo de captación de polvos, así como la emisión que se tiene a la atmósfera.

Para ello se requiere un muestreo isocinético simultáneo antes y después del equipo de control, esto es a un flujo tal en cada uno de los dos trenes de muestreo que la velocidad promedio del aire que entra en las boquillas sea la misma que la del aire en cada uno de los puntos de muestreo.

El hecho de que deba hacerse isocinético es única y exclusivamente para asegurarse que la concentración de partículas sólidas en el tren de muestreo es la misma que se tiene en los efluentes del sistema de extracción; y es necesario cuando una proporción razonable de partículas excede las 3 micras de diámetro.

El equipo que emplearíamos en este caso sería 2 trenes de muestreo conectados a una misma bomba de vacío empleada como fuente de succión, que contuviese cada uno de los siguientes elementos:

- 1) Boquilla muestreadora, que puede ser de distin



tos tipos, nosotros empleamos boquillas rectas —

(Ver Fig. No. VII .1 y VII .2).

- 2) Sonda muestreadora (Vér. Fig. VII .3)
- 3) Portafiltro.
- 4) Medio Filtrante
- 5) Rotámetro (que contenga termómetro y manómetro)
- 6) Válvula de control.
- 7) Conexiones flexibles a prueba de fugas para —  
unir el tren de muestreo.

Desde luego que ésta no es la única alternativa — posible, pues cada quien puede integrar su equipo de — acuerdo a su criterio y a sus necesidades particulares.

En la figura VII.4 se presenta un tren de muestreo típico con sus alternativas posibles de elementos.

Algunas veces es necesario agregar aditamentos adi- cionales, integrando equipos muy sofisticados, y muchas otras hay que suprimir algunos elementos del tren, se— gún el caso específico lo requiera.

#### PLANEACION A PRUEBA.

Es muy necesario tener un conocimiento preliminar del proceso que emite partículas sólidas contaminantes—

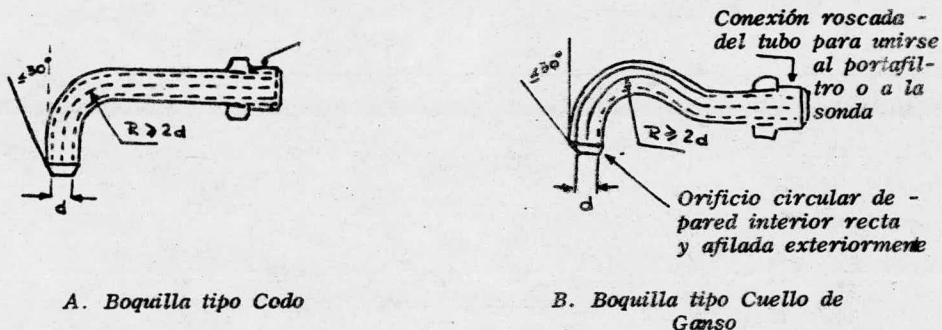


FIG. VII. 1  
Varios tipos de Boquillas

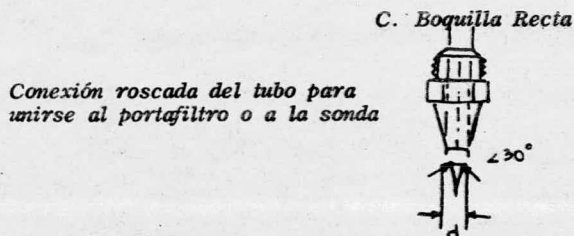


FIG. VII. 2  
Boquilla Recta

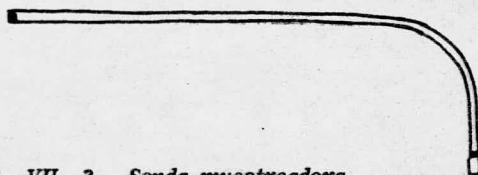


FIG. VII. 3 Sonda muestreadora

a la atmósfera, con el fin de planear adecuadamente la colección de la (s) muestra (s). Esto es, el muestreo debe estar ligado al proceso; para este caso la importancia que tiene un muestreo representativo estriba en obtener o no datos confiables de la eficiencia de colección, así como la evaluación de la emisión a la atmósfera.

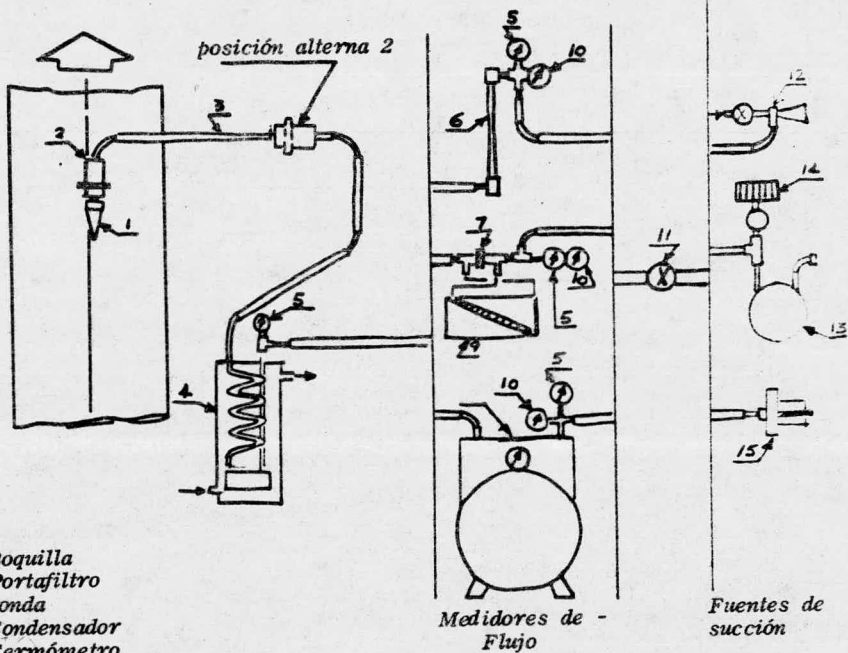
Dentro de la planeación de la prueba se incluye la selección cuidadosa de los sitios de muestreo, siguiéndose para ello el mismo criterio que en Capítulo No. — VI.

Se deben de instalar 2 estaciones de prueba, una — antes y otra después del equipo, con el fin de determinar la eficiencia del equipo de control y además la emisión.

La localización de la estación de prueba antes del equipo de control instalado, es la misma que se estableció en el capítulo pasado; en tanto que la localización de la estación de prueba después de equipo de colección se determina a continuación y estaría localizada a 3 — mt . después del segundo codo en el sentido del flujo y corriente abajo del equipo de control (Ver Figura VI.1.

La localización de esta estación de prueba es ideal y por tratarse de un ducto vertical, se desprende el problema de estratificación posible, requiriéndose — tan solo 10 puntos de prueba a lo largo de cada eje — transversal.

## Alternativas



1. Boquilla
2. Portafiltro
3. Sonda
4. Condensador
5. Termómetro
6. Rotámetro
7. Medidor de Orificio
8. Medidor de gas seco
9. Manómetro diferencia
10. Vacuómetro
11. Válvula de Control
12. Eyector Venturi
13. Bomba de vacío
14. Filtro
15. Extractor centrífugo

Tren de muestreo típico con alternativas de elementos

FIG. VII.4

En cada estación de prueba deben instalarse dos registros de las características ya descritas en el capítulo anterior, uno a 90% del otro.

Una vez determinado el flujo en cada una de las estaciones de prueba, se selecciona la boquilla de muestreo, empleándose la de mayor diámetro posible y de diámetro nunca inferior a los 6 mm, en base de los siguientes lineamientos:

- 1) Capacidad de la fuente de succión (en nuestro caso Bomba de vacío con una capacidad máxima de succión de  $0.001228 \text{ Sm}^3$ )
- 2) Rango de operación del medidor (manejamos 2 rotámetros con capacidad máxima en el 100% de  $0.002314 \text{ Sm}^3$ )
- 3) Concentración de polvo (En caso de cargas exageradas se requiere de boquillas de mayor diámetro.)

También es necesario seleccionar un medio filtrante de material y peso adecuados para la prueba, y capaz de retener el 95% o más del peso total de las partículas contenidas en el efluente.

Nosotros emplearíamos una membrana de fibra de vidrio con prefiltro, ya que en este caso no existen problemas de humedad condensable, ni de corrosidad.

## MONTAJE DE LOS 2 TRENES DE MUESTREO.

Ya seleccionadas las boquillas (el cálculo se presenta más adelante) y los medios filtrantes, se procede a montar los 2 trenes de muestreo, debiendo sellarse — las juntas mediante abrazaderas con material apropiado— evitando que el sellador contamine los filtros.

El orden de montaje de cada tren es el siguiente:

- 1) Boquilla seleccionada
- 2) Sonda muestreadora
- 3) Portafiltro
- 4) Rotámetro
- 5) Válvula de control de flujo

Y esto conectado a la misma bomba de vacío.

Se deben colocar luego 2 filtros limpios y secados a 100°C por cada hora, y pesados con aproximación de  $1 \times 10^4$  gr. dentro del portafiltro.

Es muy importante comprobar la ausencia de fugas — en el tren de muestreo, insertando para esto un tapón — en la boquilla poniendo especial atención de no contaminar el filtro. Luego se pone en marcha la fuente de — succión con la válvula de control cerrada. Se abre después ésta última hasta que en el vacuómetro se obtiene—

la lectura máxima y permanezca estable, la ausencia de fugas en ambos se comprueba cuando el flotador del rotámetro no avanza en su posición, debiendo además permanecer constante la succión en el medidor aún después que la válvula de control se haya cerrado herméticamente; en caso de fugas, es necesario localizarlos y desde luego eliminarlas.

#### EJECUCION DE LA PRUEBA.

Ya determinados los flujos de muestreo en cada tren, y comprobada la ausencia de fugas en ambos, se procede a realizar la prueba. Se cierran las 2 válvulas de control y se insertan las 2 sondas muestreadoras con sus boquillas seleccionadas dentro de los registros una en la estación de prueba localizada antes del equipo de control y la otra en la estación después del equipo, de forma tal, que las boquillas apunten en el sentido de flujo, y de esta manera se evite que nada entre a los trenes de muestreo; es conveniente sellar las dos aberturas que quedan entre las sondas y los registros.

Al iniciarse la prueba se invierte la posición de las sondas con la boquilla apuntando un sentido contrario al flujo, y al mismo tiempo se arranca la bomba de vacío, se abren las 2 válvulas de control hasta obtener en cada rotámetro el flujo deseado, y se arranca el cronómetro.

Debe anotarse la hora inicial, así como los datos iniciales en las hojas de registro de datos (Ver fig. - VII.5). Cada 5 minutos por lo menos deben verificarse flujo, presión y temperatura en los rotámetros y ajustar el flujo en caso de variación por medio de las vál-

vulas de control, con el fin de mantener un flujo esencialmente isocinético en los trenes.

Debe deslizarse la sonda a lo largo de todo el eje para tener una distribución representativa.

Terminada la prueba se cierran las válvulas de control, se desconecta la bomba de vacío y se invierte el sentido de las boquillas en forma simultánea.

Se sacan las sondas cuidadosamente teniendo precaución de que las boquillas no recojan polvo de los registros, y además manteniendo las sondas con sus boquillas hacia arriba, evitando de esta forma pérdidas de muestra. Se hace luego lo mismo con el otro registro.

Es muy conveniente, antes de secar los filtros con las muestras colectadas, hacer llegar el polvo adherido en el interior de las sondas, a los filtros.

Se pesan los filtros con muestra con una aproximación de  $1 \times 10^4$  gr, una vez secados a  $100^\circ\text{C}$  por cada hora. Se anota desde luego la hora final del muestreo.

La velocidad promedio en cada estación se calcula conforme se hizo en el capítulo No. VI, obteniéndose una buena aproximación para los fines que se persiguen.

Es importante hacer notar que cuando se está observando un filtro por acción de carga excesiva de polvo colectado, el flotador del rotámetro correspondiente empieza a variar sin control, en cuyo caso debe darse por terminada la prueba.

CALCULOS (El procedimiento es el mismo para cada



NOMBRE DE LA EMPRESA \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_  
 ESTACION DE PRUEBA \_\_\_\_\_ CORRIDA \_\_\_\_\_  
 CONDUCTOR \_\_\_\_\_ HORA INIC. \_\_\_\_\_ HORA FIN. \_\_\_\_\_  
 PROCESO Y OPERACION MUESTREADOS :

MEDIO FILTRANTE NO. \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_  $M_i$  \_\_\_\_\_  $M_f$  \_\_\_\_\_ S \_\_\_\_\_

CONDICIONES DE MUESTREO  
 $T_i$  \_\_\_\_\_  $T_f$  \_\_\_\_\_ P \_\_\_\_\_  $\bar{T}$  \_\_\_\_\_ Volumen de Condensados \_\_\_\_\_

Punto No.	Pd	V	Gm Calculado	t	DATOS DEL MEDIDOR				OBSERVACIONES
					Gm	Qn	T	Ps	
		0							

FIG. VII. 5

tren de muestreo, antes y después del equipo - de captación de polvos):

- 1) Se determina la velocidad promedio en cada estación de prueba y el flujo en condiciones reales de acuerdo al procedimiento que se especifica en el Cap. No. VI.
- 2) Se calcula el flujo en condiciones normales — (25°C, 760 mm Hg) definidos por el reglamento — mediante la siguiente ecuación:

$$Q_N = Q_R \frac{d_R}{d_N}$$

Donde:

$Q_N$  = Flujo en condiciones normales en  $m^3/s$

$Q_R$  = Flujo en condiciones reales en  $m^3/s$

$d_R$  = Densidad del aire en condiciones reales en  $Kg/m^3$

$d_N$  = Densidad del aire en condiciones en  $Kg/m^3$

Siendo  $d_N = 1.18389 Kg/m^3$

Se procede al cálculo del flujo en el rotámetro según la boquilla que se emplee mediante la siguiente expresión:

$$Q_s = V \times d_R \times K$$

Donde:

$Q_s$  = Flujo en rotámetro @ 21°C, mm Hg, en  $m^3/\text{seg}$

$V$  = Velocidad promedio en m/s

$d_R$  = Densidad real del aire en  $\text{Kg}/m^3$

$k$  = Cte. de la boquilla (ver tabla VII.1)

El rotámetro está calibrado de tal manera que el 100% equivale a un flujo de  $0.0023138 \text{ m}^3/\text{s}$  @ 21°C y 760 mm Hg, empleando la siguiente ecuación, una vez conocido, podremos determinar en cada rotámetro el % en el mismo:

$$\% \text{ rotámetro} = \frac{Q_s \times 100}{0.0023138}$$

Es importante mencionar que dado que la capacidad de nuestra bomba de vacío es de  $0.0012277 \text{ m}^3$ , equivalente a un 53%, no debemos escoger una boquilla que exceda en flujo este porcentaje, debiéndose escoger en un caso de éstos una boquilla menor y realizar los cálculos anteriores para determinar el % en el rotámetro; lo ideal es encontrar una boquilla cuyo flujo equivalga a un 25% en el rotámetro aproximadamente.

Determinado el % en el rotámetro, se prosigue con los cálculos siguientes:

CONSTANTE DE LA BOQUILLA (K) EN FUNCION DE SU DIAMETRO INTERIOR

Diámetro Int. Boquilla en mm	3.175	6.350	9.525	12.700	15.875	19.050	22.225	25.4
Constante de la Boquilla (k) en $m^5/kg.$	$6.5980 \times 10^{-6}$	$2.6391 \times 10^{-5}$	$5.9380 \times 10^{-5}$	$1.0556 \times 10^{-4}$	$1.6494 \times 10^{-4}$	$2.3752 \times 10^{-4}$	$3.2329 \times 10^{-4}$	$4.2226 \times 10^{-4}$
								TABLA VII.1

Nota:  $K = \frac{\text{Arca interior de la boquilla } m^2}{\text{densidad del aire en cond. estándar } (1.2 \text{ kg}/m^3)}$

$$Q_{NROT} = Q_s \times \frac{1.2}{1.18389} = Q_s \times 1.014$$

Donde:

$Q_{NROT}$  = Flujo en el rotámetro en condiciones normales en  $m^3/s$

$Q_s$  = Flujo en el rotámetro en condiciones estándar en  $m^3/s$

Peso de la muestra:  $S = M_2 - M_1$  (kg).

$M_2$  = Peso final del medio filtrante más la muestra colectada en Kg.

$M_1$  = Peso inicial del medio filtrante en Kg.

$S$  = Peso de la muestra colectada en Kg.

El flujo total muestreado en el rotámetro se calcula de la siguiente manera:

$$FTMR = Q_{NROT} \times T$$

Donde:

$FTMR$  = Flujo total muestreado en el rotámetro en  $m^3$ .

$Q_{NROT}$  = Flujo en el rotámetro en condiciones normales en  $m^3/seg$ .

$T$  = Tiempo total de muestra o seg.

Se procede en seguida al cálculo de la concentración (C):

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

Donde C viene expresado en Kg/m<sup>3</sup>

Finalmente se calcula la emisión:

$$E = C \times QN \times 3,600$$

Donde E = Emisión total en Kg/H

Sean  $E_E$  = Emisión total en Kg/h determinadas antes del equipo.

Y  $E_s$  = Emisión total en Kg/H determinada después del equipo.

La eficiencia del equipo colector que se busca, vendría dada por:

$$E_f = \frac{E_E - E_s}{E_E}$$

Siendo además  $E_s$ , la emisión a la atmósfera, cuyo valor debe compararse en base al peso del proceso, con la tabla de máximos permisibles señalada en el Reglame

to para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica originada por la emisión de Humos y Polvos, - actualmente en vigor (ver tablas II.1 y II.2).

Es muy útil contar con hojas de trabajo para el — registro de datos de muestreo, así como para el informe de los resultados del mismo, y de esta manera tener un medio de comparación con mediciones futuras. (Ver fig. VII.5 y VII.6).

INFORME DE RESULTADOS DE MUESTREO

NOMBRE DE LA EMPRESA \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

ESTACION DE PRUEBA \_\_\_\_\_

PRUEBA No. \_\_\_\_\_

CONDUCTOR \_\_\_\_\_

HORA INIC. \_\_\_\_\_ HORA FIN. \_\_\_\_\_

PROCESO MUESTREADO \_\_\_\_\_

Corrida No. d	Medio Filtrante				S en g	Qn en m <sup>3</sup>	Cs en kg/m <sup>3</sup>	E en kg/h
	No.	Tipo	Mi	Mf				

155

$$EMISION = Cs \times Fr \times 3600 \quad [kg/h]$$

FIG. VII. 6



## CONCLUSIONES

### CAP. VIII.

El sistema propuesto aseguraría una buena operación de extracción y colección de polvos provenientes de la lijadora de banda, mantenimiento en todo caso los valores de emisión atmosférica dentro de los límites establecidos en el reglamento para la prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la emisión de Humos y Polvos actualmente en vigor.

Dado que en un futuro podrían reajustarse los límites a valores más estrictos, podría darse el caso de que el equipo fuese insuficiente, dependiendo de estos límites, en cuyo caso podría bien dejarse este equipo como colector primario conjuntamente con otra unidad, o bien situarse por otro de mayor eficiencia; esto como resultado de una evaluación de las posibles alternativas.

De esta manera, la instalación de este equipo coadyuvaría a la prevención de la contaminación en esta zona, con sus consecuencias y su contribución a la prevención de la contaminación de la Ciudad de México.

Es menester que todas las industrias con la misma actitud, disminuya sus emisiones y no evadan el compromiso, que colaboren estrechamente entre sí y con las autoridades organizando esfuerzos conjuntos para solucionar el problema, contando además con el apoyo de todos los particulares que de algún modo u otro contribuyan a la contaminación.

Otro aspecto importante es la aplicación de las sanciones que en muchos casos no se lleva a cabo con el rigor debido por parte de las autoridades competentes. Además de una actitud positiva de todo el mundo para resolver los problemas inherentes a la contaminación se requiere atender una serie de puntos, algunos de los cuales se presentan a continuación:

Dado que la emisión de escapes de vehículos automotores representaba un 60% de las emisiones vehiculares, sería muy conveniente que se tuviese un control sobre los automóviles al salir de las armadoras, y que no se permite la venta de aquéllos que excediesen cierto valor de emisión previamente fijado, tal como acontece en otros países, pues en la ciudad de México el problema de contaminación por escape de los automóviles es cuantioso, dado el gran número de unidades que circulan y las condiciones tan precarias en cuanto a congestión de tráfico.

Creemos que la medida adoptada por las autoridades sugiriendo a través de los medios masivos de información la afinación de los vehículos por cuenta de los propietarios, es adecuada, pero en muchas ocasiones éstos no cuentan con posibilidades económicas que les permitan pagar una afinación, con la periodicidad debida, sobre todo cuando se trata de vehículos ya viejos, y que justamente son los que más contribuyen al problema, de esta manera la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, mediante algún estudio previo, podría limitar a las personas que pudiesen tener derecho a afinaciones en estaciones creadas expresamente para ello, a costos muy módicos. Por otro lado, se requiere que el personal encargado de evaluar las contaminaciones vehiculares sea per-

sonal calificado, preparado y experimentado para ello y con características esencialmente distintas al personal que estamos acostumbrados a encontrar, dado que de la apreciación de ellos esté o no involucrada una sanción.

La campaña de concientización debe hacerse extensiva a todos los niveles; quizá fuera muy conveniente que se crease una materia que se impartiese desde los primeros grados escolares, sobre la contaminación y la conservación del medio ambiente, con lo cual la gente estuviese desde entonces consciente del problema y colaborarse estrechamente en la resolución del mismo.

Sensibilizar a la gente no implica crear una alarma innecesaria que provoque malas interpretaciones respecto a la verdadera dimensión del problema, sobre todo porque se cuenta con el desarrollo tecnológico adecuado para controlar los contaminantes conocidos.

Por otro lado debemos aprovechar la experiencia de otros países en lo que se refiere a estudios de investigación sobre sustancias tóxicas y sus valores potenciales como agentes dañinos, para implantarlos aquí, previo estudio de las razones que condujeron a esos valores, pues aún cuando lo hayamos alcanzado el nivel de desarrollo de otros países altamente industrializados, existen sustancias que definitivamente deberían prohibirse (tal es el caso de cloruro de polivinilo), tanto su fabricación, como su uso o cualquier actividad que implicara la exposición de personal a estas sustancias. Asimismo deberíamos encontrar en el desarrollo tecnológico la respuesta al desarrollo de nuevos productos que no siendo nocivos sustituyan a los productos que se emplean actualmente, y que son altamente tóxicos. (DDT).

No todas las medidas involucran alto nivel tecnológico, algunos comprenden la modificación a programas - de producción de malas practicas operativas, etc.

Así podríamos encontrar como una medida más -- que condujese a atenuar el problema, la descentralización -- de las actividades que han coincidido en la Ciudad de México -- y sus alrededores, contribuyendo a recrudescer el problema.

Hay varias formas de llevar a cabo la descen-- tralización de dichas actividades; basta recordar que Méxi-- co es un país eminentemente agrícola, con lo cual deberían-- adoptarse técnicas nuevas para cultivo, implementando estas -- técnicas con equipo que permitiera los beneficios, e inte-- grando a la gente del campo en estas tareas y remunerándo-- les en forma adecuada; de esta manera, mediante programas -- de optimización, podrían obtenerse altas productividades -- que podrían propiciar a su vez la formación de industrias -- conexas que serían fuentes de trabajo y que coadyuvarían a-- descentralizar las actividades en el Centro del país y no -- como ocurre ahora.

Esto aunado a un control de crecimiento demo-- gráfico no como una imposición, sino como producto de una -- concientización masiva serían muy buenos logros e implica-- rían medidas positivas para atenuar el problema de contami-- nación.

La reforestación que se hace impositiva, no -- se lleva al cabo rigurosamente, y así tenemos el caso de -- zonas como Chiapas, donde la tala inmoderada y desmedida, -- llevada a cabo sin ningún plan de reforestación permitirá -- que se cambie la fisonomía de esta zona, alterando los pa-- trones climatológicos, propiciando la erosión y la conse-- cuente contribución a la contaminación quizá en forma irre-- versible.

Son muchos los recursos para prevenir la contaminación a tiempo, y es importante tener en mente que es -- más fácil y menos costoso a largo plazo llevar a cabo una política preventiva de la contaminación, que meramente correctiva. Estando todos conscientes, y luchando conjuntamente en la resolución de este grave problema, podremos salir adelante, sin necesidad de poner en predicamento definitivo, la ecología del planeta.

## B I B L I O G R A F I A

1. A.S. Foust, L.A. Wenzel, C.N. Vump, L. Mans y L.A. Andersen; Principles of Unit Operations
2. López García Alejandro;  
Industria Mexicana  
Clasificación de ventiladores y sus principales -  
aplicaciones industriales  
Pags. 32 - 36 Num. 1 Vol. V  
enero/febrero 1974.
3. Meadows;  
Los límites del crecimiento; Fondo de Cultura Eco-  
nómica.
4. Mc. Cabe Warren L., Smith Julian C.;  
Operaciones básicas de ingeniería química.  
Editorial Reverte, S.A. Tomo II 1968.
5. Perry Robert H. y Chilton Cecil H.;  
Chemical engineers handbook  
4 th. edition
6. Ross R.D.;  
La industria y la contaminación del Aire  
Editorial Diana, la. edición,  
marzo 1974.
7. Legislación para prevenir y controlar la contami-  
nación ambiental Secretaría de Salubridad y Asis-  
tencia Secretaría de Mejoramiento del ambiente.

8. Cyclone Whirls Onto CPI Stage  
Chemical engineering, Cyclotech, Inc, Burbank, Calif.  
Pag. 97 octubre 27, 1975.
9. Catálogo General  
S.F. de México, S. A.
10. Ventiladores centrifugos K.  
S.F. de México, S. A.
11. La contaminación  
Editorial Salvat
12. Manual Dodge para poleas y bandas
13. Apuntes, curso sobre contaminación por humos y --  
polvos, Asesoría profesional  
México, 1974.
14. Memoria I Reunión Nacional sobre problemas de con-  
taminación ambiental;  
Tomo I y II. Enero 1973, México
15. Determinación del flujo de gases en su conducto, -  
por medio del tubo PITOT.  
Norma Oficial Mexicana; DGN - AA9 - 1973
16. Determinación de la concentración de partículas só  
lidas contenidas en los gases que se descargan por  
un conducto, por captación en medio filtrante.  
Norma Oficial Mexicana.  
DGN - AA10 - 1973.



17. Industrial Ventilation

A Manual of recommended practice

American Conference of government industrial hy—  
gienists

12 th. Edition.