



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**Las Explosiones de Polvo, asi como, sus Normas  
de Prevención y Seguridad en la Industria**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A:

**José Luis García Monserrat**



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.

AMONOTUA

MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



TESIS 1979

M. T. #

132

FECHA

PROC

Los datos en esta ficha son de carácter informativo y no constituyen un inventario de la biblioteca.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE QUIMICA  
LIBRERIA

PRESIDENTE Prof. RAMON VILCHIS ZIMBRON

VOCAL Prof. JORGE A. CASTANARES ALCALA

Jurado asignado originalmente SECRETARIO Prof. ARTURO MORALES COLLANTES

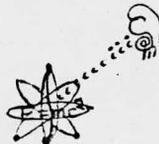
Según el tema 1er. SUPLENTE Prof. ANTONIO GUERRERO PONCE

2do. SUPLENTE Prof. IGNACIO ROCH MEJIA

Sitio donde se desarrolló el tema: EN BIBLIOTECAS E INDUSTRIAS

Nombre completo y firma del sustentante:

JOSE LUIS GARCIA MONSERRAT



Nombre completo y firma del asesor del tema:

Prof. RAMON VILCHIS ZIMBRON -



VIVERIDAD NACIONAL  
AVIATION

FACULTAD DE QUIMICA  
DEPTO. DE PASANTES Y  
EXAMENES PROFESIONALES.

FORMA A  
(INTEGRACION DE PLANILLA)

La Dirección de la Facultad, a través del Depto. de Pasantes y Exámenes Profesionales del Plantel, tiene a bien notificar a Ud. su designación como sinodal en el Jurado correspondiente al tema de:           T E S I S          

Depositado con el título: "LAS EXPLOSIONES DE POLVO, ASI COMO, SUS NORMAS DE PREVENCION Y SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA"

Sustentado por: EL SR. JOSE LUIS GARCIA MONSERAT

Pasante de la Carrera de: INGENIERO QUIMICO

Asesorado por el C. Prof.: RAMON VILCHIS ZIMBRON

Por consiguiente, se solicita a Ud. su valiosa supervisión y cooperación en la forma que estime más conveniente, durante el desarrollo del tema que se somete a su consideración, así como aceptar asistir al Examen Profesional respectivo cuando se le cite en su oportunidad.

Presidente, Prof.	RAMON VILCHIS ZIMBRON	
Vocal	JORGE A. CASTAÑARES ALCALA	
Secretario	ARTURO MORALES COLIANTES	
1er. Suplente	ANTONIO GUERRERO PONCE	
2º Suplente	IGNACIO ROCH MEJIA	

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., a 4 de enero de 1976

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES  
Y EXAMENES PROFESIONALES

QUEL. JULIO TERAN Z.

Agradezco la invaluable ayuda  
prestada para la elaboración-  
de este escrito a los señores:

Dr. Ramón Vilchis Zimbrón.

Ing. J.A. Castañares Alcalá.

Ing. A. Morales Collantes.

A MI MADRE:

SRA. ROSARIO MONSERRAT MEDINA DE CARGIA

....Como una humilde recompensa a  
todos los sacrificios y esfuerz  
os que ha hecho para forjarme.

" Con todo respeto y cariño, dedico  
esta tesis a"

A la memoria de:

Mi Padre

y

Mis abuelos

A mis hermanos:

Teresa

Juan

Hilda

Juana

Carmen

Manolito

....Para que esta sea una razón  
más de superación.

" A aquellos que me enseñaron y  
que yo enseñé "

A aquellos hombres de ciencia

....de ~~al~~ter, de hoy y del mañana.

I N D I C E

PAGS.

## CAPITULO I

INTRODUCCION.....2

1.1 Introducci3n, 2

## CAPITULO II

GENERALIDADES.....7

2.1 Aspectos Generales del Polvo,7

2.2 El Polvo en la Ingenier3a, 7

2.3 Clasificaci3n del Polvo, 8

2.4 Tama3o de las part3culas de Polvo,10

2.5 Superficie Espec3fica del Polvo, 12

2.6 Propiedades El3ctricas, 15

2.7 Fen3menos de Condensaci3n,16

2.8 Propiedades Opticas, 16

2.9 Propiedades S3nicas, 17

2.10 Peso de Part3cula, 17

2.11 Importancia de la Distribuci3n de Part3cu-  
la, 182.12 Principios de Din3mica Relativos a las --  
Part3culas, 18

2.13 Concentraci3n de Polvo, 20

## CAPITULO III

## EXPLOSIONES DE POLVO.....24

- 3.1 Las Explosiones de Polvo, 25
- 3.2 Tipos de Polvos Explosivos, 26
- 3.3 Concentraciones Explosivas, 28
- 3.4 Inflamabilidad Relativa, 30
- 3.5 Efecto del Tamaño de Partícula, 32
- 3.6 Efecto de la Concentración de Oxígeno, 35
- 3.7 Efecto de la Concentración, 36

## CAPITULO IV

CONCEPTOS GENERALES ACERCA DE LA TOMA DE MUESTRAS, -  
INTERPRETACION Y METODOS.....41

- 4.1 Conceptos Generales, 41
- 4.2 Elección del Instrumento, 44
- 4.3 Métodos para obtener Muestras de Polvo, 45
- 4.4 Interpretación de Muestras, 59

## CAPITULO V

RIESGOS, CONTROL Y NORMAS DE PREVENCIÓN Y SEGURIDAD -  
EN LA INDUSTRIA.....64

- 5.1 Riesgos, 64
- 5.2 Control, 66
- 5.3A Medidas de Prevención y Seguridad en el Manejo de Polvos Inflamables, 71
  - 5.3.1 Sistemas de Separación de Polvo, 72
  - 5.3.2 Empleo de Cubiertas en los Procesos que —  
Producen Polvo, 123
  - 5.3.3 Sistemas de Aspiración Local en el Acabado  
de Superficies, 130
  - 5.3.4 Ventilación para evitar la Concentración —  
de Polvo, 136
  - 5.3.5 Eliminación o Control de todas las Fuen —  
tes de Ignición, 139
  - 5.3.6 Protección de los Edificios contra Peligro  
de Explosión, 143
  - 5.3.7 Empleo de Gases Inertes en el Manejo de —  
Polvos Inflamables, 146
- 5.3B Normas de Seguridad, 148

## CAPITULO VI

INDUSTRIAS QUE PRESENTAN MAS RIESGOS DE EXPLOSIONES — DE POLVO.....	152
--	-----

- 6.1 Aspectos Generales, 152
- 6.2 La aspiración en la Industria Productora de -  
Polvos Inflamables, 152
- 6.3 La Separación del Polvo en Función de sus Pro  
piedades Físico-Químicas, 156
- 6.4 Costo de la Eficiencia de Separación, 159
- 6.5 Criterio de Selección, 160
- 6.6 Aspectos Generales de los Separadores, 161
- 6.7 Parámetros de Selección, 164
- 6.8 Fuentes Contaminadoras, 168
- 6.9 Datos sobre Polvos Explosivos más comunes, 171

## CAPITULO VII

CONCLUSIONES.....177.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

# I N T R O D U C C I O N

## 1.1 Introducción

El estudio que a continuación se desarrolla, trata de ser lo más representativo y apegado a la realidad que atañe proporcionando cifras y datos de como y cuando se presentan los riesgos de una "Explosión de Polvo", debida al polvo industrial ya que, además de causar daños materiales pone en peligro la vida de los operarios, interrumpa la producción y economía del país.

La realización de este escrito es con el fin de contribuir en una pequeña parte a prevenir la incidencia y propagación de las explosiones de polvo ocasionadas por el polvo industrial de cualquier substancia que pueda quemarse en las proporciones adecuadas de aire y polvo.

Hay una cantidad ilimitada de industrias polvosas en nuestro país, en este estudio solamente se considerarán las más comunes, representativas, y en las que, cabe que se presenten con un mayor índice de frecuencia "Las Explosiones de Polvo", derivadas del uso y manejo de los polvos industriales.

Las propiedades físicas y químicas de los polvos industriales de categoría inflamable que se

manejan en las diversas operaciones industriales, unidas a las condiciones ambientales del medio en que se ejecuta el trabajo, y la manera como el hombre actual las maneja, generan repercusiones importantes para el individuo que las opera, y aún para el medio en donde las desarrolla.

Las Normas de Prevención y de Seguridad en la mayoría de las industrias polvosas ya han sido tomadas en cuenta en función del Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo actualmente vigente. Este señala en el capítulo cinco, en el apartado de trabajo peligrosos lo siguiente: los locales de trabajo que desprendan polvos, gases o vapores fácilmente inflamables, incómodos o nocivos para la salud, deberán reunir óptimas condiciones de ubicación, iluminación, equipo separador de los materiales nocivos, temperatura o grado de humedad, equipo de seguridad respiratoria, paredes y techos, así como las instalaciones deberán ser de materiales no atacables por los mismos y susceptibles de ser sometidos a las limpiezas y lavados convenientes. Cuando, por la índole de la industria o trabajo no sea posible evitar los desprendimientos citados en cantidades que resulten peligrosas, se procederá a su separación y neutralización por los procedimientos más adecuados y eficaces en cada caso. Si fuese preciso, los trabajos se realizarán junto a campanas aspiradoras o bajo canales o dispositivos envolventes, lo más cerrado posible, en comunicación con un sistema de aspiración o ventilación conveniente; la captación y evacuación

de los gases, vapores y polvos se hará por canalizaciones dispuestas a este fin; las velocidades de aspiración de separación y evacuación, en cuanto a sus elementos, materiales de los mismos, disposición y funcionamiento, será de forma tal que ofrezca abso- lutas garantías de seguridad.

El empresario, debe tener en cuenta que lo- invertido en un programa de prevención y seguridad de la planta y de los trabajadores redundará en beneficio de la empresa, aumentando el rendimiento de los que laboran, disminuyendo la inasistencia debida a las incapacidades y el costo de las indemnizaciones, ya que, el trabajo es más productivo en condiciones tales que favorezcan la conservación de la salud física y mental, así como, su seguridad en las diversas operaciones industriales.

Ahora bién, en el problema de la contaminación del aire ambiente por las operaciones industriales polvosas, sin duda este es un complejo que resulta básicamente en su origen de las emisiones de polvo que cada núcleo fabril produce, sin embargo, la resultante de esa contaminación no sólo se constituye con un simple depósito de materiales extraños en el aire como un significativo riesgo a la salud del hombre y animales, como un agente dañino costoso contra la maquinaria de la planta o los productos; ya que es bién sabido que nuevas reacciones son producidas en la atmósfera propiciadas por factores naturales, generándose por esa acción compuestos complejos en

ocasiones de mayor agresividad que los originales y - de los que muy poco sabe el hombre. En reconocimien - to del riesgo y costo de tal contaminación, los altos niveles de polución han sido ampliamente reducidos - en las industrias polvosas, pero el riesgo potencial queda y el control de los polvos industriales conti - núa como una batalla sin final.

El estudio y resolución de los problemas de separación, acumulación y evacuación de polvo debe - ría ya empezar con el proyecto de cada nueva planta.- En efecto, el ingeniero desempeña un papel importante, ya que, es el encargado del diseño y desarrollo de la fábrica, así como de la maquinaria para la comodidad y eficiencia humana, también se ocupa de regular el - proceso para suprimir los peligros en el medio en que trabaja y de la sanidad del lugar de trabajo.

La imprevisión, al no considerar como pro - blema la aspiración, puede acarrear más tarde difi - cultades de no fácil solución, ya que, no es lo mismo proyectar una aspiración simultáneamente con el estu - dio del emplazamiento de las máquinas, con el de los - servicios de calefacción, iluminación, aire comprimi - do, etc., que tener que estudiar y resolver el proble - ma cuando ya todas las máquinas, que a menudo ya de - bía suponer por anticipado que iban a producir polvo, están ya instaladas y trabajando.

ALTO DEFINITIVO A LA CONTAMINACION AMBIEN - TAL, PORQUE EL MUNDO NO ES DEL TODO NUESTRO, TAMBIEN - PERTENECE A LAS GENERACIONES VENIDERAS.

**CAPITULO 2**

**GENERALIDADES**

## CAPITULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Aspectos Generales del Polvo.

Antes de entrar en detalle acerca de la "las Explosiones de Polvo" en la industria, es importante señalar las características generales del polvo, éstas desde el punto de vista de la ingeniería. Con el fin de centrar el estudio del tema, que nos atañe, es decir que, con esto conseguiremos entender mejor el deselace físico-químico de las explosiones de polvo, así como, el proceso, métodos de operación y equipo que se elegirán de forma adecuada para la separación, acumulación y evacuación del polvo.

#### 2.2 El Polvo en la Ingeniería

Polvo según el Reglamento para la Prevención y Control de la contaminación Atmosférica originada por la Emisión de Humos y polvos es un sistema disperso, que está constituido por pequeñas partículas sólidas emitidas a la atmósfera por elementos naturales o por proceso mecánicos tales como: molinos-perforadoras, trituradoras, homogenizadora, hornos, cribas, mezcladoras, esmeriladores, transformadores, secadores, etc.

El tamaño de las partículas varía desde el submicroscópico hasta el visible, es decir de, 1.0 a

150 micras. Generalmente su composición química es la misma que la de la sustancia de la cual se derivaron; no sufren alteraciones químicas por los procesos de subdivisión, tal es el caso de los polvos minerales-- obtenidos de la desintegración de rocas, y los polvos orgánicos provenientes del trigo, maíz, frijol y otros. El polvo no tiene la tendencia a precipitarse o a flocular, excepto cuando está sometido a la acción de fuerzas electrostáticas, que como consecuencia formará núcleos de condensación y termina por asentarse debido a la gravedad.

### 2.3 Clasificación del Polvo.

Existen diferentes clasificaciones, basadas bien sea en sus propiedades físico-químicas, en el aspecto fisiopatológico; pero una clasificación más general es en función de su naturaleza química, por lo tanto se dividen en:

- 1.- Polvos inorgánicos
- 2.- Polvos orgánicos

Los polvos inorgánicos se dividen a su vez en:

- a).- Polvos silíceos
- b).- Polvos no síliceos

Polvos silíceos: aquí se incluyen polvos de sílice y materiales que contengan sílice libre. La sílice se puede encontrar en forma de cuarzo, ópalo, pedernal, calcedonia, asbesto, talco, y otras formas menos comunes.

Polvos no silíceos: comprenden compuestos metálicos y diversas sustancias inorgánicas, entre los polvos más comunes de este grupo se encuentran el carbón de piedra, hierro, aluminio, cobre, magnesio, etc.

Los polvos orgánicos también se subdividen en:

a).- Naturales

b).- Sintéticos.

Polvos naturales: son todos aquellos polvos que derivan de formas naturales, tales como, polvo de madera, algodón, harina, cuero, azúcar, resinas, el polen, las bacterias y hongos.

Polvos sintéticos: incluye aquellos polvos que derivan de productos sintéticos, así como, los plásticos y numerosos productos y sustancias orgánicas obtenidos de procesos de síntesis.

## 2.4 Tamaño de las partículas de polvo

Los polvos, como partículas individuales, tienen forma irregular. Al separarse por fractura del cristal original, algunas poseen cierto grado de regularidad de partícula a partícula; pero esto es raro y por regla general el polvo comprende partículas de forma irregular cuya frecuencia en masa y volumen es una curva de probabilidades asimétricas.

No se puede caracterizar una partícula asignándole valores a su longitud, anchura o espesor, ni tampoco hay un ningún medio sencillo para calcular su volumen por medio de fórmulas geométricas.

[ Por medio de estudios y experiencias, se ha llegado a saber que los polvos de peligrosidad explosiva, están constituídos por partículas que tienen un tamaño menor a 0.9 micras, y cuando más 5 micras. Las partículas mayores por efectos de fuerzas electrostáticas y por gravedad tiende a sedimentarse. ]

La decisión sobre la gama de tamaño de las partículas que se deban incluir en una enumeración de polvos, depende en parte del tamaño de las partículas de polvo realmente presentes en la atmósfera industrial.

Los tamaños de las partículas en los polvos

dependerán de diversos factores entre los que se encuentran los siguientes:

- a).- La procedencia del polvo
- b).- Del punto en que se toma la muestra
- c).- Del método seguido para tomar ésta.

Procedencia del polvo. Con respecto a la procedencia del polvo, no es posible hacer una comparación entre el polvo que se produce al tirar y moler cuarzo, con la ceniza que arroja a la atmósfera una chimenea. En primer caso, el material se fragmenta de acuerdo a su naturaleza cristalina, y en el segundo caso es un producto amorfo con frecuencia fundido y aglomerado. Cada uno de estos polvos tiene su densidad y su propia distribución de tamaños; en consecuencia, las partículas se asientan con velocidades diferentes; ver figura (1)

Las partículas peligrosas de polvo son aquéllas, que se asientan tan despacio que, prácticamente, quedan en suspensión permanente, debido al movimiento general del aire causado por el tránsito humano y mecánico, y por las corrientes termales asociadas con el trabajo. El aire entonces, puede llegar a un estado de equilibrio de polvo, en el cual puede persistir un nivel de polvo invisible y por lo tanto, probablemente sin que se le haga caso.

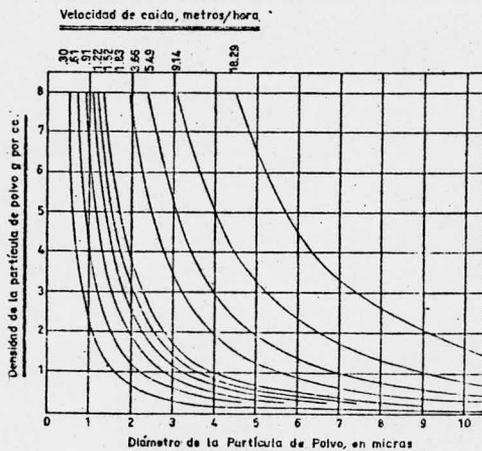
El sitio donde se toma la muestra es importante, pues las partículas grandes se asientan cerca del lugar donde se originan. También es posible que las partículas de dos polvos distintos se difundan de manera diferente, y las corrientes de aire afectan al movimiento de las nubes de polvo.

Actualmente no se conoce ninguna técnica para obtener una muestra perfecta de polvo en suspensión, esto es, ningún método con el cual se recoja toda partícula en volumen determinado de aire o gas. Además, una vez recogida la muestra no hay un método único para evaluarla, las partículas menores requieren de un examen al microscopio electrónico, mientras que las mayores requieren de algún otro método. El polvo industrial tiene como promedio el tamaño de 1 micra y el polvo atmosférico entre 0.03 y 0.05 de micras; ver figura (2)

## 2.5 Superficie Específica del Polvo.

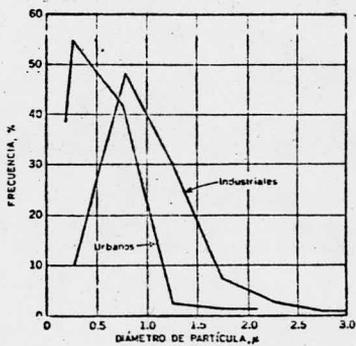
Otra característica del polvo es la gran cantidad de superficie por volumen unidad según decrece el tamaño de las partículas esféricas, la superficie por unidad,  $S_v$ , se obtiene con la ecuación:  $s_v = 6/d$ . Así, la superficie varía en razón inversa del diámetro. Más generalmente, respecto de las partículas irregulares:

$$s_w = s/V \propto 1/d$$



**Fig. 1**

VELOCIDAD DE CAIDA EN EL AIRE  
PARA DIVERSAS CLASES DE POLVOS



**Fig. 2**

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA  
DE TAMAÑOS DE POLVOS INDUS-  
TRIALES Y URBANOS

Se entiende por "Superficie Específica" La superficie por centímetros cúbico de polvo; para averiguar la superficie específica por gramo se divide por la densidad verdadera del polvo. La importancia de reducir el tamaño reside en el hecho de que todas las partículas tienden a adsorber gases, y el grado de absorción depende de la superficie.

Si se lanzan partículas de una clase por boquillas de diferentes materiales, adquieren cargas eléctricas de grados diferentes. Para llegar a conclusiones significativas es preciso que permanezca constante la distribución de tamaño de una muestra a otra, circunstancia a la que no se ha dado la atención que se merece.

El aumento de superficie según disminuye el tamaño del polvo tiene relación importante con la actividad física y química. Por ejemplo: algunas partículas pequeñas forman buenos núcleos de condensación que cooperan en la formación de nieblas y neblinas. Es digno de notar el efecto en la transmisión de luz. El aumento de velocidad de oxidación y solución que se opera con la disminución de tamaño se puede atribuir en parte a la gran superficie específica, y origina explosiones de polvo en la mayoría de los materiales de naturaleza combustibles y en ciertos metales que se oxidan con facilidad, como el magnesio y el zinc.

## 2.6 Propiedades Eléctricas

Carga que adquiere el polvo. Por lo general aunque no siempre, el polvo de la atmósfera tiene carga positiva. Esto se refiere a los polvos no metálicos que de ordinario se hallan en el aire; en cambio, el polvo metálico está cargado con electricidad negativa. No se conoce con exactitud el grado ni la causa de las cargas eléctricas del polvo de la atmósfera y se duda que sean producidas por sólo por el frote. Es cierto que el aire está ionizado hasta cierto punto, aunque de ordinario es difícil averiguar si se trata de núcleos cargados o de partículas finas. Sin embargo, no se tienen pruebas en el sentido de que las grandes partículas tengan cargas contrarias a las de partículas menores. Lo que se observa es que varía la razón entre cargas positivas y negativas al asentarse las partículas mayores.

Se han hecho experimentos acerca de la introducción de partículas con carga contraria a la del polvo, a efecto de que sea neutra la carga, metade la masa de polvo. Estos procedimientos parecen surtir efecto en fábricas textiles, sobre todo en la manipulación de fibras de "Nylon", que son difíciles de manejar cuando están cargadas, pero no es tan eficaz cuando se trata de grandes masas de material.

Es bastante notable el efecto que produce la humedad de la atmósfera en las partículas cargadas. Cuando la humedad del aire es de más de 65%, a

menudo es insignificante la carga neta; pero no siempre sucede esto, pues en minas de hulla se han producido explosiones en tales circunstancias.

## 2.7 Fenómenos de Condensación.

La presión de vapor de una gota de líquido es modificada notablemente por la curvatura de su superficie. La presión es mayor que la presión sobre una superficie plana, y ésta es mayor que la presión de vapor sobre una superficie cóncava. De esta manera, una partícula irregular condensa humedad más fácilmente que una partícula uniforme. Si se representa con  $p_0$  la presión de vapor debida a una superficie plana de líquido, entonces se puede calcular la presión  $p$  de una partícula de diámetro  $d$  con la siguiente ecuación:

$$p_0 \frac{RT}{M} \ln \frac{p}{p_0} = \frac{4\sigma}{d}$$

en que  $\rho_0$  es la densidad del líquido,  $R$  la constante de los gases,  $T$  la temperatura absoluta, y  $\sigma$  la tensión superficial. Es evidente que al disminuir el diámetro aumenta la presión de vapor y, por consiguiente, la evaporación. por tanto es muy difícil la condensación sobre las partículas más finas de un aerosol.

## 2.8 Propiedades Opticas.

Las partículas de polvo difunden la luz y-

reducen su intensidad. La formula de Beer-Lambert sirve para calcular el efecto que produce el polvo en la intensidad de la luz. La ley que relaciona lo anteriormente mencionado es:

$$I = I_0 \exp \left\{ -n\pi d^2 l / 4 \right\}$$

en que I es la intensidad de la luz en el punto de observación,  $I_0$  es la intensidad del foco, la luz en línea directa de visión, n es el número de partículas por volumen unidas d es el diámetro medio de cada partícula, l es la distancia entre el foco de luz y el punto de observación. Además de la reducción en la potencia de la luz transmitida, las partículas de polvo ocasionan polarización.

## 2.9 Propiedades Sónicas.

Es importante el efecto que produce un campo sónico intenso sobre las partículas, pues su método para coleccionar muchas clases de suspensiones finas que antes ocasionaban grandes dificultades. La frecuencia efectiva mínima es aproximadamente de 4000 Hertz/seg., y se requiere cosa de 7000 Hertz/seg., para el humo de tabaco, Cuando las partículas se someten a frecuencias entre estos límites en una columna resonante cerrada, floculan en los nodos y se asientan fácilmente.

## 2.10 Peso de Partícula.

El peso de la partícula p. se describe:

$$p = v_p d_p g$$

$v_p$  = Volumen de la partícula

$d_p$  = Densidad de la partícula

$g$  = Aceleración de la gravedad

### 2.11 Importancia de la Distribución de Partículas

No solamente es importante haber determinado el tamaño de las partículas, sino también el peso de éstas para un mismo tamaño, ya que, los polvos en general consisten de corpúsculos de muy diversas dimensiones. Al diseñarse un equipo colector, debe tenerse muy presente la cantidad y el tamaño de los polvos a colectarse, lo que permite tener el tamaño promedio de partícula y la eficiencia requerida.

### 2.12 Principios de Dinámica Relativos a las Partículas.

Velocidad de asentamiento de partículas. Según la ley de "Stokes", la velocidad de sedimentación de una partícula esférica, cuando es constante,  $V_m$  (velocidad media), es:

$$V_m = d^2 (\rho - \rho_a) g / 18\eta$$

en que  $d$  es el diámetro de la partícula,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $\rho$  y  $\rho_a$  las densidades de la partícula y del aire, respectivamente, y  $n$  es la viscosidad del fluido aire. Tomando  $n = 180 \times 10^{-6}$  poises como un valor típico del aire a la temperatura ordinaria, y prescindiendo de  $\rho_a$  que es pequeña en comparación con  $\rho$  entonces con respecto a una partícula de densidad unidad tenemos que:

$$V_m = 3 \times 10^5 d^2$$

Si se mide  $d$  en micra y se representa como  $d_o$  la expresión anterior se transforma:

$$V_m = 3 \times 10^{-3} d_o^2$$

Suponiendo que  $d$  represente el diámetro de una partícula que tenga el volumen de una esfera equivalente del mismo diámetro se puede calcular la velocidad de asentamiento de las partículas de diferentes diámetros. Ver tabla I.

Velocidades de asentamiento de las partículas en función de su diámetro.

Diámetro $d = \mu$	Velocidad de Asentamiento $V_m = \text{cm/seg}$
0.1	$3 \times 10^{-5}$
1.0	$3 \times 10^{-3}$
10.0	$3 \times 10^{-1}$
100.0	30

### 2.13 Concentración de Polvo.

Una de las dificultades con que tropieza para la medición exacta de las concentraciones de polvo deriva de los diferentes criterios con que se les calcula, que varían según la clase de instrumentos empleados para la toma de muestra.

Se han ideado y empleado diversos métodos tendientes a determinar la cantidad de polvo en el ambiente de trabajo; para el de "Greanburg-Smith". En este instrumento se hace pasar el aire a través de un tubo de vidrio para que choque a alta velocidad contra una placa de vidrio que está sumergida en agua o en otro líquido apropiado; en el matraz de recolección, las partículas de polvo se detienen instantá-

neamente en el líquido y quedan capturadas en esa forma.

El conímetro consiste esencialmente, de dos secciones; primera, una fuente con suficiente succión para llevar el aire a través del dispositivo de muestreo y segundo el dispositivo de muestreo en si mismo, que consiste de un recipiente, un tubo de succión y placa de contacto. Para la succión se pueden usar bombas impulsadas por electricidad o eyectores de aire comprimido.

Las partes esenciales del aparato son: una pieza recta de tubo de cristal "Pyrex, de 15 mm de diámetro exterior, con longitud aproximada de 375 mm, es un tubo que se estira en el extremo interior hacia una punta de pipeta con orificio de 2.3 mm. A una distancia de 5 mm del orificio de salida se fija la placa de contacto, de unos 3 mm de espesor y 25 mm de diámetro que se apoya sobre tres varillas de vidrio. El medio de recolección (agua destilada) se carga al matraz de muestreo en volumen suficiente para mantener la placa sumergida a una profundidad aproximada de 3 mm.

En el muestreo se conecta la salida del codo del matraz con la fuente de succión, por medio de un tramo de tubo de suficiente longitud (unos 8 metros). La duración del período de muestreo deba de ser la suficiente para lograr una suspensión satisfactoria de polvo y depende, por tanto, de la concen-

tracción en la atmósfera; bajo las condiciones industriales usuales las muestras de 0.3 a 1.0 m<sup>3</sup> de aire producen suficiente polvo para el análisis y, como, por lo general, se tiene una extracción de 0.03 m<sup>3</sup> por minuto, el período de muestreo dura de 10 a 30 minutos.

La eficiencia de la recolección del aparato depende de que se satisfagan, en forma adecuada las dimensiones establecidas para el aparato de contacto y que la velocidad de muestreo se mantenga a 0.03 m<sup>3</sup> (1 pie<sup>3</sup>) por minuto; las pruebas experimentales con este aparato, usando suspensiones aéreas de polvo de sílice, finalmente dividido, rindieron eficiencias del 98% a la velocidad de muestreo especificada.

Como practicamente todos los polvos son, hasta cierto punto, solubles en agua, es conveniente analizar las muestras tan pronto como sea posible, con lo que se evita no solo la acción solvente sobre las partículas de polvo sino también la floculación indebida de las partículas.

El microscopio que se precisa es del tipo ordinario provisto de oculares y objetivos apropiados, y de un condensador "Abbe" como fuente de iluminación se usa una lámpara ordinaria de microscopio. El uso principal de este aparato es para efectuar la observación y cuenta de las partículas, cuyo ocular lleva un retículo con líneas paralelas a distancias de 5 mi

cras o círculos comparativos de 2.4 y 6 micras de diámetro a fin de facilitar el recuento y determinación de los tamaños.

Al tomar muestras de polvo, deben seleccionarse tanto la localización como la ocasión y duración del muestreo con miras a obtener datos definidos para el estudio en desarrollo y es imposible fijar reglas inflexibles para este propósito. Es obvio que los requisitos de estudio deben definir los procedimientos a seguir, según el criterio del investigador.

Las marcas más comunes de conímetros son: el sartorius el watson y el zeiss. Este último es considerado como uno de los más útiles para el control en ambientes industriales, no solamente por contar con la posibilidad de recoger diversos volúmenes de aire al tener regulable la bomba de succión, sino también por un accesorio de gran utilidad, que facilita el recuento y determinación del tamaño, aumentando notablemente la exactitud; un microproyector en cuya pantalla se observan las tomas de polvo de la placa del conímetro.

En el conímetro cuya bomba de succión graduable permita tomar diferentes volúmenes de aire a estudiar, amplía notablemente el campo de aplicación siendo posible de esta forma la valoración en ambientes con concentraciones relativamente altas. En estos aparatos el recuento de partículas en cada una de las tomas está limitado normalmente a 10,000 partículas.

CAPITULO 3

EXPLOSIONES DE POLVO

## EXPLOSIONES DE POLVO

3.1. Las Explosiones de Polvo.

La liberación de energía generada por la oxidación muy rápida del polvo de cualquier sustancia que pueda quemarse, y mezclada con aire en las proporciones adecuadas en un lugar cerrado originará una "Explosión de Polvo". Este hecho también se aplica a las partículas cargadas y a ciertos metales, si se les pulveriza suficientemente, entre ellos el magnesio, el aluminio, el bronce de aluminio, el zinc y otros. Esto lo podemos resumir en términos generales mediante la siguiente gráfica (2).

Los materiales combustibles en forma de polvo o granos muy finos arden rápidamente debido a que el material no puede transmitir el calor a otros puntos, es decir que, el material no puede transportar el calor lejos de la fuente, y con esto se producen más vapores combustibles. El aumento de la extensión superficial de los trozos más pequeños brinda también una mayor oportunidad para el libre desprendimiento de los vapores combustibles y para su ignición al contacto con la flama del fósforo u otra fuente de ignición, lo que tiene como resultado una combustión más rápida incluso hasta llegar al punto de explosión del polvo.

Como habíamos mencionado anteriormente, los sólidos combustibles ( carbón, madera, cereales, al -

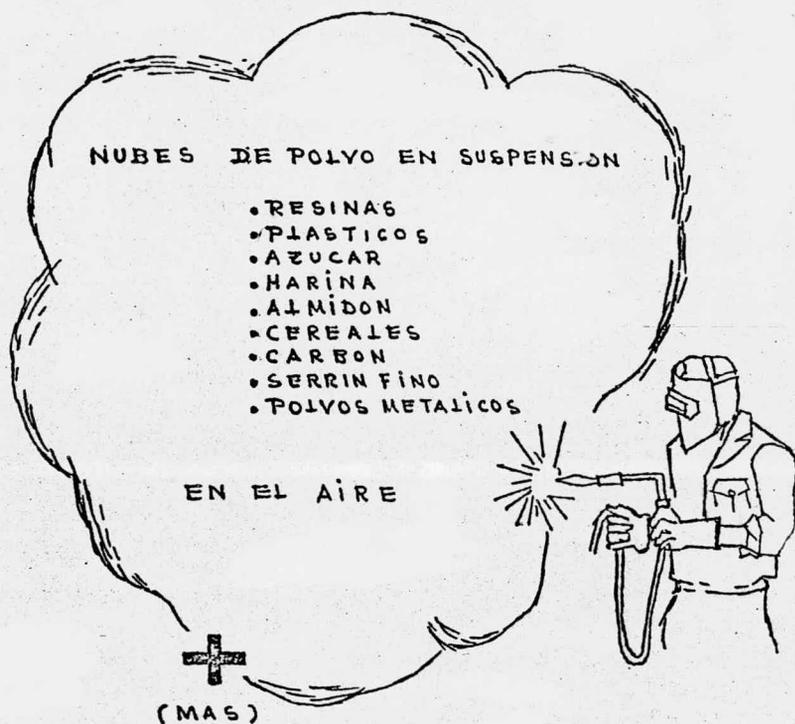
midón, harina, plásticos, y metales como: magnesio, - titanio, sodio, litio, potasio, hafnio, etcétera.) - finalmente divididos arden más rápidamente, ya que, - el aumento de la extensión superficial de las partí - culas de polvo brinda facilidad para una combustión - rápida, cuya liberación de energía, generada por la - oxidación muy rápida del polvo inflamable, en un lu - gar cerrado, tiene como resultado una explosión e in - cendio.

### 3.2 Tipos de Polvos Explosivos.

Las partículas pequeñas son químicamente - más activas que los conglomerados mayores a causa de su mayor área de superficie por unidad de masa. Es - por ello, que muchos polvos orgánicos, en particular - los que se producen en la manipulación de granos, azú - car, carbón de piedra, resinas, cereales, almidón, ha - rinas, aserrín, corcho, plásticos y otros, se infla - man con facilidad (cuando se levantan en forma de nue - ve en el aire en adición con una fuente de ignición), y causan fuertes explosiones. Lo mismo ocurre con - ciertos polvos inorgánicos, como los de magnesio, - aluminio y zinc. En cada caso, la concentración de - polvo, el tamaño de partícula y la configuración y - el grado de encierro del espacio en que están disemi - nados, tienen relación con la fuerza de la explosión - y la propagación de la llama consiguiente.

Ha habido multitud de explosiones de polvos

# LAS EXPLOSIONES DE POLVO SON RESULTADO DE



CUALQUIER FUENTE DE IGNICION

gráfica No 2

que han ocasionado muchos muertos y pérdidas materiales. Las más de las explosiones son evitables, para lo cual los principales requisitos son que se mantengan baja la concentración del polvo, que se excluyan las causas de inflamación de la nube de polvo, tales como llamas descubiertas, aparatos eléctricos defectuosos, electricidad estática y chispas por frote, y como prevención secundaria que haya medios adecuados para apagar las llamas incipientes.

### 3.3 Concentraciones Explosivas.

Como sucede con los gases y vapores inflamables, hay un límite de concentración de polvo a menos del cual no hace explosión una mezcla de polvo y aire. Mediante experimentos en pequeña escala se ha determinado el límite inferior de explosividad de muchos polvos. En la tabla II se dan algunos ejemplos.

## CONCENTRACION EXPLOSIVA MINIMA DE DIVERSOS POLVOS

Polvo	Concentración Explosiva Mínima g/lt
<b>Resinas:</b>	
De urea _____	0.07-0.135
Fenólicas _____	0.025-0.175
De lignina _____	0.04-0.065
De vinilo _____	0.02-0.04
De poliestireno _____	0.02
De acetato de celulosa _____	0.035-0.04
Goma laca _____	0.015-0.02
<b>Otros polvos Inflamables:</b>	
Caucno sintético _____	0.03
Harina _____	0.052
Glucosa _____	0.225
Alimento de Ganado Vacuno _____	0.30
Alimento de Aves de Corral _____	0.272
Trigo _____	0.150
Almidón _____	0.098
Azúcar _____	0.066
Polvo de Pegamento _____	0.094
Cocoa _____	0.103
Leche Deshidratada _____	0.094
Harina de Papa _____	0.225
Harina de Soya _____	0.066
Celuloide Común _____	0.024
Celuloide Translúcido _____	0.031
Hulla _____	0.141

TABLA (II)

## CONCENTRACION EXPLOSIVA MINIMA DE DIVERSOS POLVOS.

## Metales:

Magnesio _____	0.02-0.5
Aluminio _____	0.035-0.04
Hierro de Carbonilo _____	0.105
Hierro Reducido por Hidrógeno no ..... _____	0.12-0.25
Antimonio _____	0.19-0.22
Circonio _____	0.19
Manganeso _____	0.21-0.35
Zinc _____	0.5

3.4 Inflamabilidad Relativa.

La inflamabilidad de un polvo depende de — la composición, el tamaño de partícula y la concentración. En general, los polvos oxidables tienen explosividad potencial, pero la explosión no se produce en una atmósfera que contenga menos de cierta concentra—

ción mínima de oxígeno, circunstancia que es muy útil para prevenir explosiones durante el manejo de ciertos metales.

Las explosiones por polvos son ocasionadas por temperatura excesivamente alta, por arco eléctrico o llama; sucede con frecuencia que una nueve de polvo se puede inflamar más fácilmente por un medio que por otro. Que se produzca la explosión o no, depende del medio primario que se emplea para separar el polvo por asentamiento, de las propiedades del material y de la cantidad de aire de que se disponga. Por ésto se suelen expresar los límites de explosividad en relación con el medio de ignición empleado y no se pueden aplicar absolutamente a las circunstancias que prevalezcan en operaciones industriales. Para clasificar la explosividad de polvos se ha ideado un método llamado de inflamabilidad relativa, que es el porcentaje en peso de polvo inerte (por lo general tierra de batán calcinada) que necesita una mezcla de polvo inflamable; ver tablas III y IV.

Para evitar la inflamación y la propagación de la llama cuando se dispersa la mezcla en nube de polvo en presencia de un foco de ignición. En las tablas anteriores se da la inflamabilidad relativa, a base de ignición por llama, de varios polvos formados con materiales orgánicos y metales. Cuanto mayor es el porcentaje de material inerte que se requiere, tanto mayor es la inflamabilidad del polvo.

### 3.5. Efecto del Tamaño de Partícula

Cuanto menor es la partícula del material oxidable, tanto más fácilmente se produce una explosión. Puesto que la oxidación es una función de la superficie específica, la explosividad debe variar aproximadamente en razón inversa del diámetro de la partícula. Esto se ejemplifica cualitativamente con el polvo para moldear de celulosa etílica: la inflamabilidad relativa del polvo que pasa por tamiz de malla de 35 hilos es poco más o menos 3, la del polvo de malla de 48 hilos es 10, la del de 65 es 24, la del de 150 es 70 y la del polvo del tamiz 270 es 90. La finura no sólo hace variar la inflamabilidad relativa, sino que también aumenta la mínima concentración explosiva. Por ejemplo: un polvo de celulosa etílica que pasa por tamiz de 48 hilos requiere cuando menos 0.22 g/lt; en cambio, el que pasa por tamiz de 270 es explosivo en concentración de 0.02 g/lt.

La presión máxima desarrollada, por una concentración explosiva crece según disminuye el tamaño de partícula, y de ordinario el efecto se hace notalbe cuando las partículas son menores que las que pasan por tamiz de 100 hilos. De manera similar es afectada la velocidad de acumulación de presión.

## Inflamabilidad Relativa de Diversos Polvos Orgánicos

P O L V O	Inflamabilidad Relativa.
Resina de acetato de celulosa _____	90 <sup>+</sup>
Resina de poliestireno _____	90 <sup>+</sup>
Compuesto para moldear caucho sintético _____	90 <sup>+</sup>
Resina de lignina _____	90 <sup>+</sup>
Resina fenólica _____	90 <sup>+</sup>
Resina de laca _____	90 <sup>+</sup>
Compuestos para moldear de acetato y butirato _____	90 <sup>+</sup>
de celulosa	
Resina de Urea _____	80
Maíz y Almidón de Maíz _____	70
Hulla Bituminosa _____	65
Almidón de papa _____	57
Harina de trigo _____	55
Tabaco para fumar _____	20
Antracita _____	0

Tabla ( IV )

## Inflamabilidad Relativa de Diveros Polvos Metálicos

P O L V O	Inflamabilidad Relativa.
Magnesio _____	90 <sup>+</sup>
Circonio (Molido) _____	90 <sup>+</sup>
Metal Dow _____	90
Hierro reducido por Hidrógeno _____	90
Hierro ( de su carbonilo ) _____	85
Aluminio _____	80
Antimonio (Molido) _____	65
Manganeso _____	40
Zinc _____	35
Cadmio (Atomizado) _____	18

### 3.6 Efecto de la Concentración de Oxígeno.

La concentración de oxígeno en el ambiente de trabajo influye para que se produzca una explosión de polvo. Se pueden prevenir las explosiones de ciertos polvos metálicos diluyendo el aire de conductos y receptáculos con dióxido de carbono o con nitrógeno; éste es preferible, especialmente con polvos de magnesio. Sin embargo, se ha de tener cuidado, pues una atmósfera deficiente en oxígeno puede perjudicar a los trabajadores. Cuando se producen incendios con metales calientes que arden con facilidad, tanto el dióxido de carbono como el nitrógeno reaccionan con el metal en combustión y continúa vigorosamente el incendio aunque sea muy baja la concentración de oxígeno. Esto ocurre con el circonio y el magnesio y las aleaciones de este metal.

Por regla general, hasta los polvos orgánicos más inflamables, como los de resina de acetato de celulosa, no causan explosión cuando la concentración de oxígeno es de 5%, o menos, y con la mayoría de los polvos orgánicos que se encuentran en la industria no puede haber explosión si la concentración de oxígeno es de menos de 10%. En la tabla (VI) se dan concentraciones máximas permitidas de oxígeno con respecto a los polvos que, se encuentran en la industria de plásticos, Nótese en dicha tabla la importancia del método de ignición. En la tabla (V) se pueden ver los porcentajes máximos de oxígeno permitidos con polvos metálicos.

### 3.7 Efecto de la Concentración.

La concentración del polvo tiene relación importante con su explosividad, y en todo caso hay un mínimo de concentración en el aire que produce la explosión. Las concentraciones mínimas para varios polvos se establecieron en la tabla (II). Como era de esperar por los datos de las tablas III) y (IV), los polvos más inflamables requieren las menores concentraciones. Nótese que el límite mínimo de inflamabilidad de la mayoría de contenido máximo permitido de oxígeno en el aire para evitar la inflamación de nubes de polvo de diversos metales.

TABLA (V)

P O L V O S	OXIGENO %
Aluminio _____	3
Zinc _____	10
Hierro ( de carbonilo de hierro) _____	10
Hierro (reducido por el hidrógeno) _____	13 a 18
Manganeso _____	15
Silicio _____	15
Antimonio _____	16
Estaño _____	16

Máxima cantidad de oxígeno permitida en el aire para evitar la inflamación de nubes de polvo de plásticos.

P O L V O	O X I G E N O	
	Prueba de la chispa	Prueba del Horno a 850 °C
<b>Resinas:</b>		
Fenólicas	14.5-19	9-15
De urea	17	11-15
De lignina	17	7-13
De Vinilo	14.5-17	5-15
De poliestireno	14.5	7
De acetato de celulosa	14.5	7-11
Goma laca	14.5	9
<b>Compuestos para Moldear</b>		
Fenólicos	14.5	7-9
De urea	17.0	9-11
De celulosa	11.5-14.5	7
Poliestireno	14.5	9

los polvos enumerados en la tabla (II) es mucho menos de 0.2 g/lit.

Una explosión de polvo se acompaña de producción de presión cuyo grado depende de la concentración y del tamaño de partícula. La presión aumenta rápidamente según la concentración hasta alcanzar un máximo. Cuando la concentración sobre pasa el valor más explosivo, empieza a decrecer ligeramente la presión máxima alcanzada. Una vez que se consume el oxígeno, no hay posibilidad de que vuelva a aumentar la presión, a menos que parte del polvo sobrante sea alterado químicamente por el calor.

Las presiones de explosión rara vez pasan de  $7 \text{ Kg/cm}^2$ . Se alcanzan presiones máximas con concentraciones mucho mayores que la mínima explosiva. La velocidad del aumento de presión depende del recipiente en que se efectúa la explosión. En un espacio cerrado no son raras las velocidades de  $70 \text{ Kg/cm}^2$  por segundo.

CAPITULO 4

CONCEPTOS GENERALES ACERCA DE LA TOMA DE MUESTRAS IN-  
TERPRETACION Y METODOS.

## CONCEPTOS GENERALES ACERCA DE LA TOMA DE MUESTRAS, INTERPRETACION Y METODOS.

### 4.1 Conceptos Generales.

Los problemas de la contaminación del aire han llegado a ser de máxima importancia con el crecimiento de las poblaciones y al incremento acelerado en la industrialización. Como un resultado, los requerimientos para la vigilancia de la calidad del aire y la introducción de medidas de control más estrictas, asumen mayor importancia para limitar la contaminación del aire. Con el objeto de introducir controles más efectivos, son necesarias mejores técnicas y reglamentos que exijan la adopción de métodos de abastecimiento. Siendo uno de estos primeros intentos el control del contaminante polvo.

Antes de desarrollar un muestreo se ha de verificar una evaluación y análisis del lugar de trabajo, es decir que, en primer lugar se debe hacer una visita al ambiente de trabajo para ver de forma directa los riesgos que pueden presentar los agentes químicos, fisiológicos y biológicos presentes en el lugar; así como la cantidad de polvo que existe y con las medidas de control con que se cuentan. Posteriormente si se quiere proteger eficazmente a los trabajadores contra el polvo y sus riesgos hay que obtener primeramente todos los datos posibles respecto al polvo en suspensión en el aire, para lo cual es preciso-

tomar muestras y hacer mediciones y análisis.

Una vez hecho el análisis preliminar se deben conocer la eficiencia de los métodos de control - por lo que es indispensable efectuar mediciones ya - que ningun resultado puede ser más preciso que la - exactitud misma del método de medición o muestreo uti-  
lizado.

Para que las muestras nos den una idea clara de las condiciones de trabajo se deben tomar en - cuenta los siguientes factores:

- 1.- Lugar de Muestreo
- 2.- Duración del Muestreo
- 3.- Número de Muestras
- 4.- Volumen de Muestras
- 5.- Equipo de Muestreo.

1) Lugar de Muestreo: Las tomas corrientes-tienen por objeto de determinar la cantidad de polvo- que respiran las personas que trabajan en determina - do lugar, de modo que se debe tomar en el lugar en qu - que se mueven y realizan sus actividades esas perso - nas. Además, se deben obtener datos complementarios - sobre la cantidad de polvo existente en el aire que - llega al lugar de trabajo y el aire que sale de di -

cho lugar. Las muestras deben tomarse cerca de los trabajadores y al nivel medio de respiración, procurando que el aparato de muestreo capte el contaminante en forma parecida a la exposición del obrero.

2) Duración del Muestreo: La frecuencia con que deben tomar las muestras dependerá de la cantidad de polvo, que suela haber en el lugar de que se trate, del número de personas que trabajen en dicho lugar y de la clase de polvo que en él se produzcan. Muchos técnicos proveen intervalos máximos entre uno y doce meses pero silas cifras obtenidas varían mucho deben tomar muestras más frecuentes a fin de obtener una información más completa del origen del polvo.

3) Número de Muestras: Si el polvo se produce en forma más o menos constante puede ser suficiente 3 ó 5 muestras por ciclo de operación, pero para el cálculo de la exposición diaria, el número de muestras debe ser mayor y cuyo límite queda al criterio del muestreador.

4) Volumen de Muestras: El volumen va a depender de la sensibilidad del aparato de muestreo, o de la concentración permisible del polvo a analizar y del tiempo de duración de la operación. Este volumen variará desde unos litros hasta metros cúbicos.

5) Equipo de Muestreo: Los aparatos que se emplean para el muestreo y posterior evaluación de las partículas en la atmósfera dependerán de; el lu -

gar que se va a muestrear, la naturaleza del polvo, - la capacidad de los instrumentos y de los propósitos - de la investigación.

Los instrumentos de muestreo se pueden clasificar como de lectura directa o indirecta, siendo - estos últimos los de más uso; también en instantáneos y continuos con relación al tiempo de muestreo.

Los instantáneos son aquellos en que el - tiempo de muestreo va desde unos segundos hasta unos - tres o cinco minutos.

Los continuos son los que funcionan durante largo tiempo de modo completamente automático, y sin - que haya que cuidarlo y cuyo funcionamiento no puede - ser interrumpido mientras se está tomando la muestra.

Los instrumentos de muestreo instantáneo só - lo indican exposiciones numéricas máximas o interme - dias dependiendo del número de muestras y de la natu - raleza de las operaciones; los continuos proporcionan datos sobre la exposición promedio, por lo que se re - comienda utilizar los dos para obtener una informa - ción completa.

#### 4.2 Elección del Instrumento.

Al elegir el sistema de meustreo es neces-

rio decidir primeramente si la medición se ha de basar en el peso de las partículas en suspensión en el aire o en el número de partículas de tamaño que se consideren peligrosas.

Se deben tener en cuenta las características particulares de los diferentes instrumentos y procedimientos de muestreo. Las diferencias que en esto existen van en detrimento de la comparabilidad de los resultados.

Sabemos que no existe un instrumento que pueda captar el polvo tal como se encuentra en suspensión, sin alterar las partículas ni su distribución en forma alguna y que permita evaluar rápida y fácilmente el resultado; que recogiese solamente las partículas respirables y que proporcione información media del polvo, y las fluctuaciones pasajeras, que sea un aparato sencillo y de fácil manejo de preferencia automático.

La mayor parte de los instrumentos con que se cuenta tiene sus propios límites de selección; unos deshacen las aglomeraciones de partículas indicando un número de partículas finas superior al existente; otros ocupan demasiado espacio o tienen que ser manejados por personas especializadas que deben vigilar los muy atentamente.

En la práctica se elegirá probablemente un-

instrumento que permita tomar un gran número de muestras en diferentes lugares en el menor tiempo posible. También se debe comparar los resultados obtenidos a lo largo de los años para conocer los efectos de la exposición al polvo de los trabajadores de manera que no se deberá cambiar de instrumento sin un estudio preliminar muy cuidadoso.

En la industria se utilizan diferentes instrumentos para tomar las muestras del polvo en suspensión en el aire y hacer las mediciones, las cuales se pueden dividir en seis grupos principales, de acuerdo al funcionamiento de cada uno de ellos; éstos son a saber:

- 1.- La Sedimentación
- 2.- La Medición Optica
- 3.- La precipitación por Colisión
- 4.- La Filtración
- 5.- La Precipitación Eléctrica
- 6.- La Precipitación Térmica.

1) La Sedimentación: En los instrumentos basados en este principio, las partículas de polvo se depositan sobre láminas de vidrio que pueden estar sin ninguna preparación o recubiertas por un adhesivo

(Vaselina), se exponen, en posición horizontal o inclinadas, a la corriente de ventilación durante un período de 1 a 30 minutos, según la concentración del polvo. Este método se emplea únicamente para mediciones aproximadas y presupone concentraciones de polvo bastante grandes, el menor movimiento posible de aire y un largo período de muestreo, ya que debido a su reducida velocidad de sedimentación únicamente se depositan una pequeña parte de las partículas difundidas en el medio ambiente. También este método se utiliza para un análisis mienral aproximado para descubrir la existencia de aglomeraciones bastante grandes de partículas.

Los tubos ranurados para toma de muestra por sedimentación se basa en el principio de que si una corriente laminar de aire cargado de polvo paso por un tubo horizontal de sección rectangular, el polvo se va depositando regularmente sobre el fondo, según la velocidad de caída de las partículas.

Si se abre una ranura en el fondo del tubo, el polvo que cae se puede recoger en una planta giratoria y se puede medir su concentración en ella según el tiempo transcurrido. Este instrumento puede funcionar varios días sin exigir cuidado alguno. Lleva consigo una bomba de velocidad constante que hace funcionar un acumulador y se puede montar en un filbro a fin de recoger para su análisis la mayor parte de las partículas respirables captadas.

2) Medición Óptica: El Tyndaloscopio determina la cantidad de polvo que hay en el aire por la observación de la dispersión de un haz luminoso por el polvo en suspensión. El haz luminoso atraviesa una cámara cuyas paredes son de vidrio negro, en la que es dispersado por las partículas de polvo. La dispersión se observa con microscopio con ángulo de  $30^\circ$ .

El haz ilumina la mitad del campo ocular; la otra mitad se ilumina por medio de un prisma giratorio. Regulando los prismas se puede reducir la iluminación dando la misma luminosidad a todo el campo ocular. El ángulo de rotación del prisma que necesita está indicado por un cuadrante graduado de 0 a  $30^\circ$ , con una exactitud de  $\pm 0.10$  la calibración se efectúa con una fuente luminosa normalizada. Si se pasa de la escala de medición se pueden insertar prefiltros que absorban la luz.

Estos instrumentos de medición óptica tienen el inconveniente de que no se puede confiar en los resultados obtenidos si no se poseen datos acerca de la composición mineralógica y de la concentración del polvo. Si se puede establecer que la composición mineralógica del polvo cuya concentración se está midiendo y su composición por tamaño de partículas son invariables, las cifras indicadas por el instrumento serán proporcionales al número, a la masa y a la superficie de las partículas respirables de media micra.

3) Precipitación por Colisión: En los instrumentos basados en el principio de la colisión el aire cargado de polvo es lanzado en forma de chorro contra un obstáculo. El cambio súbito de dirección de la corriente de aire, al chorro contra ese obstáculo y la inercia de las partículas hacen que estas caigan y al caer se les recoge sobre una placa cubierta por un adhesivo. Dentro de este grupo hay dos tipos de aparatos de acuerdo a su forma de recolectar el polvo, que son los de recolección en húmedo y en seco. Entre los instrumentos de este tipo podemos mencionar los siguientes:

a).- Midget - Impinger

b).- Midget - Scrubber

c).- Conímetros.

a) Midget - Impinger : Para tomar la muestra de polvo se utiliza una bomba que se hace funcionar a manivela o electricamente que aspira el aire en cantidad determinada durante un período de entre 10 y 21 minutos. El aire sale del orificio a gran velocidad choca contra el fondo del recipiente, asciende a través de la columna del líquido en fuerte barboteo y sale por un tubo. Las partículas de polvo quedan retenidas en él, líquido cuando chocan contra el fondo del recipiente o al atravesar el líquido mismo; el aire es aspirado a razón de 3l/min como se conoce la cantidad de aire aspirado, la concentración de polvo-

se puede calcular por recuento o por pesaje una vez - evaporado o filtrado el líquido colector.

b) Midget - Scruber: El aire es violentamente agitado por un líquido lavador; el líquido es aspirado hacia una pequeña cámara cilíndrica en la cual se obtiene una purificación completa. El volumen de 6 l/min aproximadamente. Las partículas de tamaño inferior a 0.2 micras no son captadas. Entre las ventajas de estos métodos o instrumentos está el captar durante un largo período de tiempo una cantidad de polvo - lo suficientemente grande que se pueda analizar no sólo para determinar la concentración del polvo sino también su composición. Además al hecho de que la velocidad de aspiración es superior a la de la corriente de ventilación y facilita la medición cuantitativa de las partículas gruesas. Las aglomeraciones de las partículas componentes son disueltas por el uso de un inyector o bien una bomba de vacío de esta forma se obtiene un número de partículas al que realmente existe en el aire.

c) Cnímetros: Hay muchos tipos de conímetros, uno de los primeros fué el de Zeiss, que ha sido reproducido por otras marcas tales como la Sartorius, Kotsé y Witwatersrand. Consisten de una bomba aspirante accionada por distensión de una resorte que lanza a gran velocidad el chorro de aire cargado de polvo contra una lámina de cristal recubierta de una substancia adhesiva. Por regla general, a esta lámina se le puede hacer girar, lo cual permite tomar varias muestras. Debido a la inercia las partículas de polvo

no siguen el camino o el cambio súbitode la dirección de la corriente de aire y forma sobre el cristal una mancha que se puede examinar con el microscopio.

Es un aparato ideal para utilizarlo en las minas por su poco peso y lo manuable. Es muy resistente, con piezas sencillas y bien protegidas. Sobre una misma lámina de cristal se pueden tomar gran número de muestras sin necesidad de abrir el aparato. El volumen de aire de la muestra es relativamente grande; de manera que aunque sea débil la concentración de polvo se obtiene un depósito lo suficientemente grande como para hacer el recuento.

La eficacia varía según las circunstancias. Los resultados que se obtienen con los diferentes conímetros son distintos. Tienen tendencia a desahacer las aglomeraciones de partículas debido a la gran velocidad de choque y lo difícil que es la evaluación del denso depósito obtenido con grandes concentraciones de polvo. Dada la rapidez con que se toma la muestra (0.1 seg aproximadamente). Sólo se obtienen valores instantáneos que pueden ser muy diferentes de los valores medios. Para determinar la concentración media hay que seguir tomando muestras durante largo tiempo a intervalos entre 1 y 3 minutos además la cantidad de polvo captada depende en gran medida de la naturaleza y del espesor de la película adhesiva.

Los conímetros no son los instrumentos adecuados para hacer mediciones muy exactas, pero son de gran utilidad cuando se utiliza junto con otros instrumentos que proorcionan datos más precisos sobre

la naturaleza de las concentraciones de polvo.

4) La Filtración: Se cuenta con muchas clases de instrumentos de filtro y su mayor uso se encuentra en la industria; se caracterizan por tener un elemento filtrante que se retiene el polvo, los filtros pueden ser de papel, tetracloruro de naftaleno, éster o nitrocelulosa. Este método es de gran utilidad, con filtros de membrana para la captación de partículas radioactivas que emiten rayos alfa, porque penetra poco en la membrana del filtro y hay menos absorción de la radiación.

5) La Precipitación Eléctrica: Los instrumentos de toma de muestras basados en este principio se pueden utilizar con buenos resultados cuando en la atmósfera no existen gases inflamables y no hay riesgo de una explosión. Hay que conectarlos con una fuente de energía eléctrica. El polvo se deposita directamente en las láminas de cristal que pueden ser examinados con el microscopio. Son de alto rendimiento para las partículas de menos de 5 micras un ejemplo es el aparato de toma de muestras electrostático que en seguida se describe:

El Filtro Fussel es un instrumento que tiene una membrana de nitrocelulosa con gran poder de retención, incluso retiene partículas mucho muy pequeñas. A través de un dispositivo de aspiración provisto de un filtro de membrana de entre 47 y 48 mm de diámetro se aspira una cantidad de aire predeterminada, regulándose la resistencia del filtro con la ayuda de un vacuómetro. Con este aparato se pueden aspi-

rar hasta 40l/min de aire. El vacío es constante y por lo tanto la cantidad de aire aspirado disminuye a medida que aumenta la resistencia del filtro debido a la torta de polvo formada.

El aparato de toma de muestras electrostático consiste en un tubo de metal a lo largo de cuyo eje está una varilla de metal. El tubo es un electrodo colector y la varilla también de metal; el tubo es un electrodo colector y la varilla que recibe una corriente continua de entre 13 y 20 Kv, que constituye el electrodo ionizante. El aire pasa a través del tubo a razón de 3 pies por minuto aproximadamente, creándose la corriente por medio de un ventilador eléctrico. De esta forma las partículas de polvo en suspensión en el aire se cargan de electricidad al pasar por el tubo depositándose en su superficie por efecto del campo electrostático.

6) La Precipitación Térmica: La precipitación térmica se basa en el principio de que las partículas de polvo finas no pueden penetrar en el espacio que rodea a un cuerpo caliente, espacio en el cual se produce un gradiente térmico muy marcado.

Las partículas de polvo se depositan en el mismo estado en que se encontraban en suspensión en el aire. No experimentan ningún cambio brusco, a menos que se presenten como núcleos de pequeñas gotas de neblina, caso en el cual la evaporación del agua-

puede influir sobre su posible nocividad.

#### 4.3 Métodos para obtener Muestras de Polvo.

Los métodos para obtener muestras de polvo se pueden dividir en dos grupos:

- 1.- Procedimientos Húmedos
- 2.- Procedimientos no Húmedos.

La elección depende mucho de la aplicación que se haya de dar a los resultados. Por ejemplo: si son importantes los aspectos del polvo relativos a la higiene, conviene un método seco, como el del chocador de Greenburg - Smith, a efecto de determinar las partículas. Este es preferible a otros métodos porque los aparatos y patrones aceptados de higiene se fundan en cálculos efectuados con este aparato. Algunos polvos tóxicos, como los de óxido de plomo y los de manganeso, se valoran en concentración por peso, y para ello es preferible usar cualquiera de los otros métodos.

Cuando es necesario investigar polvos a temperaturas relativamente altas, por lo general usar filtros porosos de alúmina y determinar la concentración a base de peso. Se puede lograr la transferencia a una base de cuenta si se conoce el tamaño de las partículas.

1) Procedimientos Húmedos: De estos métodos los más usuales son el del chocador de Hatch y su modificación, el chocador en miniatura derivados del aparato Greenburg - Smith. Este es el normal para cuenta de polvos de cuarzo y de silicatos.

El aparato consta de un tubo de vidrio que en un extremo tiene una abertura aguzada y que se coloca cerca del fondo de un matraz que contiene agua deslitada. Es poca la distancia que media entre el orificio y el fondo del matraz. El aparato está construido de manera que al penetrar en el tubo el aire cargado de polvo es tal su velocidad que las partículas chocan con el agua. El aparato de Hatch analiza un pie cúbico por minuto y el aparato en miniatura la décima parte.

Obtenida la muestra de polvo, se puede diluir y hacer la cuenta con el microscopio a 100 diámetros. Se pueden contar partes alicuotas con un hemocitómetro o una celda Sedgwick-Rafter valiéndose de un ocular de whipple. Debe ser tal la dilución que se simplifique la cuenta cuanto sea posible. Conociendo la dilución de la muestra total del fluido que contiene el polvo, el tamaño del campo observado y su profundidad, así como el volumen de aire de que se tomó la muestra, es cosa fácil calcular el número total de partículas por volumen unidad de aire.

Este aparato es muy eficaz para la mayor parte de los polvos, pero no se puede usar para la

cuenta de polvos solubles, si bién mediante el análisis químico se puede expresar la concentración en peso. Sin embargo, por regla general estos aparatos - chocadores sirven principalmente para hacer cómputos - de polvos, esto es, el número de partículas por volumen unidad de polvo. Las concentraciones permitidas - de polvos industriales basadas en cómputos obtenidos - con este método.

Otro instrumento para el muestreo de polvos - es el conímetro, aparato presentado en 1916 por R.M. - Katze, y desde entonces ha sufrido varias modifica - ciones pero continua siendo muy parecido a su forma - general.

2) Procedimientos no Húmedos: Se usan fil - tros de papel o de alúmina para tomar muestras de - polvos en el exterior. Con este método se suelen ob - tener cálculos relativos de polvosidad mediante el - cambio de color aunque a menudo es posible hacer de - terminaciones por peso. Para obtener el cambio de co - lor es necesario un artificio que nos permita el paso de aire y la determinación del volumen del mismo.

El paso del aire, se consigue mediante una - diferencia de presión en una de las caras del filtro - o en el interior del impinger; por medio de una bom - ba, frascos de nivel, trompas de agua, gases a pre - sión. El aire se hace pasar por el medio de filtra - ción a una velocidad constante, que generalmente es -

baja. Como no hay velocidades invariables, la investigación suele estar restringida por la capacidad de la bomba. Con la mayor parte de los papeles filtro la velocidad es de 0.1 a 0.2 pies cúbicos por pulgada cuadrada de superficie de filtro.

También incluye precipitadores, los precipitadores electrostáticos son muy usados para tomar muestras de polvos. Como se había mencionado anteriormente en la sección de instrumentación; estos aparatos trabajan a base de corriente eléctrica haciendo circular aire por un tubo de vidrio muestreador que forma el electrodo externo, dentro del cual hay un electrodo que ioniza el aire que pasa y precipita sobre el otro electrodo las partículas polvosas. El tubo colector sirve para determinar la cantidad de polvos, por una diferencia de pesadas y para que sean determinadas cualitativamente por análisis posteriores en el laboratorio. Los aparatos que se fabrican son destinados para una circulación de 3 pies por minuto de aire polvoso, llegando a tener una eficiencia cercana al 100%. El precipitador suele usarse para tomar muestras de humos o polvos tóxicos. Se ha de tener cuidado al tomar muestras de polvos orgánicos, pues con frecuencia los electrodos forman arco y puede ser afectada parte de la muestra. La mucha humedad disminuye la eficiencia del instrumento, pues la formación de arco destruye la uniformidad del campo electrostático, también no debe dejarse que se acumule demasiado polvo en el electrodo colector, porque esto disminuye la eficiencia.

Los sedimentadores constituyen otra importante aplicación de los procedimientos no húmedos; es uno de los procedimientos no húmedos de gran importancia en la toma de muestras, consiste generalmente, de una celda de sedimentación, que es un cilindro de 6 cm de profundidad y 3.6 cm de diámetro cerrado en la parte de arriba con una tapa giratoria y en el fondo con una tapa corrediza de bronce que tiene dos marcos de media pulgada. El cilindro se llena de aire atmosférico y se cierra en el lugar de donde se desea obtener la muestra y se deja reposar sin moverse de una a tres horas. Entonces los marcos se quitan y se examinan con un microscopio de gran potencia. Este método es adecuado para determinar el número y el tamaño de las partículas de los polvos de hasta 0.2 micras de diámetro. La celda de sedimentación se utiliza como un instrumento de laboratorio.

El análisis del polvo sedimentado adquiere gran trascendencia en aquellos casos en que sólo es posible realizar estimaciones de la concentración del número de partículas toda vez que este procedimiento se refiere a una cantidad pequeña de polvo, insuficiente para un análisis exacto. No es pertinente tomar muestras del aire polvoso en los sitios donde circula una fuerte corriente de aire, ya que, el polvo fino de gran interés para el análisis, no es tan sedimentable obteniéndose una escasa concentración.

#### 4.4 Interpretación de Muestras.

La interpretación de muestras de polvo está en función de la variación y de la veracidad del muestreo, como de las técnicas adecuadas para el cómputo y medida de la muestra de polvo. Esta interpretación analítica de la muestra de polvo además de determinar el número de partículas, la composición orgánica o mineralógica del grado de polvosidad en el ambiente de trabajo nos determina aproximadamente las partículas más finas que como sabemos son las más peligrosas desde el punto de vista de la higiene industrial y por los daños materiales que producen.

La evaluación analítica de una muestra de polvo se realiza, en general, por cualquiera de los siguientes procedimientos:

- 1.- Análisis Gravimétrico
- 2.- Exámenes al microscopio
- 3.- Análisis con Rayos "X"
- 4.- Análisis Térmico Diferencial

1) Análisis Gravimétrico: Este procedimiento analítico permite medir la concentración en miligramos por metro cúbico. El método gravimétrico además, de proporcionar una cifra exacta de la concentración

ción de polvo precipitante, también el de permitir el análisis del polvo flotante.

El procedimiento que se sigue para la evaluación analítica de la muestra de polvo una vez recolectada ésta es el siguiente:

1. Dilución de la muestra.- Se diluye la muestra con agua destilada (excenta de materiales extraños al objetivo de análisis) llevando hasta un volumen conocido, este volumen dependerá de; el tamaño de la muestra, concentración de polvo y del método que se va a emplear para el conteo (- el cual se llevará a cabo en una celda de Sedgwick-Raf).

2. Preparación de la celda.- La suspensión de polvo se agita durante un minuto aproximadamente, y se toma una cantidad suficiente para llenar la celda (se recomienda preparar dos celdas de cada muestra de polvo).

3. Evaluación de la muestra.- Una vez cumplidos los requisitos anteriores, ha de utilizarse un microscopio (con fuente de iluminación), de 16 milímetros y un ocular de 7.5 x que contiene un disco reticulado. De cada una de las celdas que contiene la muestra de polvo se contará una cuarta parte del campo rayado del disco Whipple en cinco partes representativas de la celda. Y se harán diez evaluaciones o conteos los cuales se promedian; cuyo promedio representará el número de partículas presentes en la atmósfera industrial.

2) **Exámenes al Microscopio:** Este método es una complementación del análisis gravimétrico discutido anteriormente. Se han hecho ensayos con microscopios ordinarios, por contraste de fase pero con las partículas menores de dos micras ninguno de estos métodos ha dado resultados; de forma tal que no son adecuados para analizar polvos respirables. Los métodos de coloración por inmersión para determinar cuarzo mica y caolín que contiene el polvo del carbón en el tamaño de partículas de entre 1 y 5 micras. Estos métodos están basados en el fenómeno de que la coloración de la luz blanca producido por los minerales es inferior al índice de refracción del medio circundante, medio cuyo poder de dispersión debe ser el mayor posible. Hay que hacer notar que el tamaño de la menor partícula visible depende tanto del aumento, y del tipo de iluminación que se use en el microscopio y hasta cierto punto de la agudeza visual del observador para hacer su evaluación cuantitativa.

3) **Análisis con rayos "X":** Este método analítico es el más aproximado y rápido, sobre todo para la evaluación de las partículas en suspensión de la atmósfera industrial. Se utiliza en esta técnica un espectrofotómetro contador Geiger; que mediante el empleo de un estercho haz de rayos X monocromático proyectado sobre una muestra de polvo. Si la muestra de polvo es de naturaleza cristalina o contiene componentes de esta índole producirán la difracción de los rayos X produciendo máximos y mínimos de intensidad en haces de diversos ángulos. La intensidad de esos máximos y los ángulos que se producen dependen -

de la estructura cristalina de la sustancia, y nunca son iguales para dos sustancias diferentes. La intensidad de los máximos depende también de la cantidad de la sustancia correspondiente que existe en el polvo. Por lo tanto, es posible determinar cuantitativamente su proporción.

4) Análisis Térmico Diferencial: Este método es útil en el caso de tratarse de muestras de polvo de naturaleza mineral, como en el caso de muestras arcillosas, que calentando una pequeña cantidad de las sustancias uniformemente permite determinar sílice libre.

CAPITULO 5

RIESGOS, CONTROL Y NORMAS DE PREVENCIÓN Y SEGURIDAD -  
EN LA INDUSTRIA.

## RIESGOS, CONTROL Y NORMAS DE PREVENCIÓN Y SEGURIDAD - EN LA INDUSTRIA.

### 5.1 Riesgos

El hombre desde que ejerce su legítimo derecho al trabajo ha desencadenado una innumerable serie de acontecimientos evolutivos a través de las complejas áreas laborales, que le han permitido conseguir la condición actual de marcada mejoría productiva a no dudarlo, pero de incierto carácter nocivo hacia el mismo, y su medio ambiente.

Se ha repetido ya en múltiples ocasiones el hecho de que las operaciones industriales, a la manera como el hombre actual las maneja, generan repercusiones importantes para el individuo que las opera, y aún para el medio en donde las desarrolla. Nadie ignora que en este mismo instante existen individuos que pagan con su salud o sus vidas, el privilegio de tener trabajo.

Ahora bien, en el problema de la contaminación del aire ambiente por las operaciones industriales, en este caso de todas aquellas que producen riesgos ocasionados por polvos inflamables, que por ser materiales muy finamente divididos, suspendidos en el aire, presentan un grave riesgo. Los depósitos de polvo inflamable en pisos, vigas, máquinas, etc., están sujetos a fuegos por inflamación, y como habíamos mencionado anteriormente, los polvos de esta categoría -

ría suspendidos en el aire pueden explotar en forma violenta.

También cabe hacer notar, que se deben evitar los riesgos tanto materiales como los riesgos ocupacionales, es decir, los daños a la maquinaria, edificio y los peligros y daños a la salud, provocando las diferentes enfermedades profesionales que padecen los trabajadores en un gran número de industrias.

Por ello que sea importante la recolección del polvo de cualquier índole para reducir: riesgos potenciales, anticipandonos al peligro, gastos de conservación de la maquinaria, capacidad productiva de la planta y contaminación del aire.

Generalmente, toda industria conoce o debería conocer muy bien las substancias que maneja; igualmente conoce y determina los procesos y métodos de operación, consecuentemente está conciente de los riesgos cuantificados que involucra su manipulación y por lo tanto con estos valiosos datos puede fácilmente adoptar alguna o todas las medidas necesarias para prevenir el riesgo, y de ser posible desde su origen. Los métodos más comunes para evitar los riesgos materiales, insalubres y tóxicos son los que se señalan en forma enumerativa en control del riesgo y explícitamente serán tratados en medidas de prevención.

ría suspendidos en el aire pueden explotar en forma violenta.

También cabe hacer notar, que se deben evitar los riesgos tanto materiales como los riesgos ocupacionales, es decir, los daños a la maquinaria, edificio y los peligros y daños a la salud, provocando las diferentes enfermedades profesionales que padecen los trabajadores en un gran número de industrias.

Por ello que sea importante la recolección del polvo de cualquier índole para reducir: riesgos potenciales, anticipandonos al peligro, gastos de conservación de la maquinaria, capacidad productiva de la planta y contaminación del aire.

Generalmente, toda industria conoce o debería conocer muy bien las substancias que maneja; igualmente conoce y determina los procesos y métodos de operación, consecuentemente está conciente de los riesgos cuantificados que involucra su manipulación y por lo tanto con estos valiosos datos puede fácilmente adoptar alguna o todas las medidas necesarias para prevenir el riesgo, y de ser posible desde su origen. Los métodos más comunes para evitar los riesgos materiales, insalubres y tóxicos son los que se señalan en forma enumerativa en control del riesgo y explícitamente serán tratados en medidas de prevención.

## 5.2 Control

El Reglamento para la Prevención y Control de la contaminación Atmosférica por Humos y Polvos nos dice que es necesario eliminar este tipo de contaminación en la industria en general.

La separación de sólidos suspendidos en gases (aire), es uno de los problemas básicos tanto científico como técnico de la Era industrial. Durante este siglo XX el crecimiento y expansión de operaciones industriales comprende grandes cantidades de recursos naturales.

La contaminación del aire ambiente por las operaciones industriales, sin duda este es un complejo que resulta básicamente en su origen; de las emisiones de polvo que cada núcleo fabril produce, sin embargo la resultante de esa contaminación no sólo se constituye con un simple depósito de materiales extraños en el aire, ya que es bien sabido que nuevas reacciones son producidas en la atmósfera propiciadas por factores naturales, generándose por esa acción, compuestos complejos en ocasiones de mayor agresividad que las originales de los que muy poco sabe el hombre.

Resulta simple, en consecuencia, establecer la importancia que se deriva del control del contaminante en el origen, ya que, eso habrá de simplificar nos de manera directa las acciones o efectos secundarios.

darios que hemos enunciado.

Ese control en el origen se consigue sin -  
duda a través del estudio y tratamiento de las opera-  
ciones industriales de: quebrantamiento, molienda o -  
trituration de materiales sólidos de mezcla, homogeni-  
zadores, cribadores, transportadores, secadores, etc.  
Donde este tipo de operaciones al manejar materiales-  
que al liberarse sin control, contaminan en primera -  
instancia el ambiente de trabajo, y en acción sucesi-  
va, la atmósfera general. Y para ello basta recordar-  
que de ser posible las operaciones industriales men-  
cionadas sean manejados en circuito cerrado, no per-  
mitiendo la posibilidad de desprenderse de su conti-  
nente, para formar parte del aire.

El análisis detenido de cada operación o -  
proceso unitario observando materiales a procesar, -  
intermedios procesados, subproductos o desechos, hará  
posible fundamentar el estudio de la mecánica del con-  
taminante producido, sus características fisicoquími-  
cas y los factores de influencia externos como carac-  
terística de la operación, corrientes de aire y el de  
aplicar en cada caso, un criterio uniforme que permi-  
ta capturar al contaminante en el origen evitando su  
dispersión en el ambiente laboral y retenerlo en el -  
mismo sistema para su posterior eliminación sin con-  
taminar a la atmósfera en general, ayudarán a estable-  
cer las formas preliminares de ingeniería para su -  
captura y control.

Los métodos para la protección, control y -  
captura de los polvos combustibles industriales esta-  
rán en función de las necesidades propias de cada -  
planta. Estos métodos para controlar los riesgos que-  
implica el manejo de polvos inflamables son los si -  
guientes:

- 1.- Orden y limpieza
- 2.- Substitución de materiales
- 3.- Cambio de proceso o procedimiento
- 4.- Empleo de cubiertas
- 5.- Aislamiento
- 6.- Ventilación
- 7.- Humectación
- 8.- Equipo de seguridad

1) Orden y limpieza: Manteniendo el orden -  
y limpieza en todas las áreas de trabajo de la planta  
permite un mejor cuidado de la maquinaria y equipo, -  
mantener limpias las ventilas, ventanas de bisagras -  
y tragaluces, así como su colocación en el lugar co -  
rrespondiente.

2) **Substitución de materiales:** En muchos casos se puede eliminar el riesgo o reducirse considerablemente mediante el empleo de otros materiales menos peligrosos, y que a fin de cuentas producen los mismos beneficios y características que se persiguen; sólo que, la aplicación de este método está en función de factibilidades económicas y ética del industrial.

3) **Cambio de proceso o procedimiento:** Esta alternativa es de gran utilidad cuando uno o más materiales no se pueden substituir. En algunos casos la solución al problema será utilizando un procedimiento mecánico por un manual o viceversa, y en otros cambiando completamente el proceso, que permita la introducción de otros métodos que reduzcan la volatilización del polvo en la atmósfera. Hay que estar conciente que al cambiar un método por otro, debemos buscar que el nuevo método no implique nuevos riesgos, sino todo lo contrario.

4) **Empleo de cubiertas:** El empleo de cubiertas en los procesos que producen polvo, permite evitar la dispersión del polvo en el ambiente laboral, y de ser posible, todo el proceso debería mantenerse bajo un circuito cerrado, cuya eficiencia es mayor cuando se emplea un sistema de aspiración.

5) **Aislamiento:** Este medio de control es aplicable en el caso que los trabajadores que están cerca del lugar donde se produce polvo sólo sean unos

cuantos; de tal forma que se eviten o minimicen los riesgos de: toxicidad, insalubridad y siniestros.

6) Ventilación: La ventilación por extracción es uno de los medios más importantes con que se cuenta para el control de la atmósfera laboral, con ello, se evita que las emisiones de polvo se esparzan por toda el área de trabajo, y su eficiencia es mayor cuando se aplica en el lugar de origen de la emisión de polvo.

7) Humectación: Medio de control consistente en la reducción del polvo mediante el empleo de agua en forma de aerosol. Util en el tratamiento del polvo disperso de medios laborales, donde el perforado produce gran cantidad de polvo y aumenta los riesgos materiales.

8) Equipo de seguridad: En toda planta o industria que maneja operaciones demasiado polvosas deberá contar con un equipo de protección personal y para contrarrestar los riesgos secundarios. Este equipo es a saber: respiradores, escafandras, anteojos; útiles en el manejo de la molienda y tamizado de minerales, manejo de harina, azúcar, soya, etc. Además el personal debe estar educado para que acepte y use adecuadamente su equipo personal, y a su vez, estar adiestrado para contrarrestar incendios y explosiones.

### 5.3.A Medidas de Prevención y Seguridad en el Manejo de Polvos Inflamables.

"Las medidas de Prevención y Seguridad en el Manejo de Polvos Inflamables", precisan de la valoración de todas las posibles medidas correctivas y de los métodos de tratamiento para asegurar una solución eficaz y económica del problema.

Los métodos preventivos y de seguridad en el manejo de polvos inflamables deberán aplicarse lo antes posible, lo ideal es que, se apliquen al mismo tiempo que se planifique la fábrica o un proceso industrial.

Todos los países en vías de desarrollo como en México donde existen industrias nuevas y viejas usan en período de expansión y otras que comienzan a operar, es de vital importancia que para prevenir los riesgos y enfermedades profesionales, provocados por el manejo de polvos inflamables precisa para su control total del empleo de medidas preventivas y de seguridad más adecuadas para su manejo, ya sea dentro del campo de la transportación, transformación y producción.

Ya hemos visto, que el polvo de cualquier sustancia que pueda inflamarse estallará, si se mezcla con aire en las proporciones adecuadas. Son ine-

gables también los peligros y daños a la salud y a la maquinaria que puede causar éste. La prevención consiste principalmente en:

- 5.3.1).- Sistemas de separación de polvo
- 5.3.2).- Empleo de cubiertas en los procesos que producen polvo.
- 5.3.3).- Sistemas de aspiración local en el acabado de superficies
- 5.3.4).- Ventilación para evitar la concentración de polvo.
- 5.3.5).- Eliminación o control de todas las fuentes de ignición.
- 5.3.6).- Protección de los edificios contra peligro de explosión.

#### 5.3.1 Sistemas de Separación de Polvo.

El diseño como puesta en marcha de los sistemas para la captación y separación de polvos (inflamables) industriales precisa la valoración de todas las posibles medidas correctivas y de los métodos de tratamiento para asegurar una solución eficaz y económica del problema. Hay que hacer notar también que, para escoger el colector o sistema más adecuados conveniente el hacer un análisis para cada aplicación en particular, donde se deberán tomar en cuenta diversos factores tales como:

- 1.- Influencia de las características del polvo.
- 2.- Velocidad y Volumen de Aire en la Aspiración y Separación de Polvo.

### 3.- Eficiencia Requerida.

1) Influencia de las Características del Polvo: Entre las características del polvo que mayormente pueden influir en la elección del medio filtrante más adecuado, figuran: el tamaño, densidad, forma, inflamabilidad, volumen disperso, clase de polvo, estado higrométrico, temperatura de la corriente del aire, agresividad química, capacidad de aglutinación, la cual, a su vez, puede estar influenciada, no sólo por la clase de material sino por su grado de humedad e incluso por su comportamiento electrostático, toxicidad, carga de polvo por  $m^3$  de aire aspirado, la abrasividad, el método de limpieza de los filtros, etc.

Pueden influir además, en el estudio del problema la necesidad de recuperar todo el polvo, como es, por ejemplo, el caso ya señalado, de la aspiración en máquinas para la manipulación y acabado de metales y de algunas fabricaciones de productos farmacéuticos; existen, asimismo, otras consideraciones de carácter práctico o económico, todas ellas más o menos relacionadas con las características del polvo.

2) Velocidad y Volumen de aire en la Aspiración de Polvo:

a).- Velocidad del Aire.

La corriente de aire que debe arrastrar el polvo desde el punto donde se produce hasta el separador que constituye su destino final se establece merced a una diferencia de presión existente entre aquellos dos puntos.

Esta diferencia de presión que origina la velocidad es producida por la acción del exhaustor y su magnitud variará, entre otras cosas por el volumen de aire, por la sección, longitud, y forma de las tuberías y cámaras a través de las cuales ha de pasar y cuyas resistencias tienden a formar la velocidad de la corriente de aire.

Esta velocidad es uno de los puntos fundamentales en la aspiración y separación de polvo y su exacta determinación no siempre es fácil, debido a las múltiples causas ya citadas que intervienen frenándola, con intensidades variables de un caso a otro.

Contribuyen mayormente a las pérdidas de carga, el número, diseño, sección y localización de los codos, entronques y derivaciones existentes en el trazado de la canalización, así como la corriente de aire producida por la muela, disco, banda, etc. En el separador se producen otras pérdidas de carga debidas al elemento filtrante, principalmente cuando se emplean mangas, y, además, las pérdidas en el caso de tejidos filtrantes, por ejemplo, pueden ser desde me-

nos de 10 mm c.a., cuando la tela es nueva, o más de 100 mm c.a., cuando ha trabajado ya cierto número de horas. Sin embargo, la velocidad debe mantenerse a un nivel mínimo aceptable aún con las mayores pérdidas de carga, por encima de las cuales es ya inevitable limpiar el elemento filtrante, para reducir las, sino al valor que tenían cuando el tejido era nuevo, al menos para dejarlas en un valor medio de, por ejemplo, 20 mm c.a.

La velocidad del aire no es la misma en las capotas o campanas de aspiración que en los colectores y en el separador. En las capotas se estima que, en general, la velocidad debe mantenerse entre 8 y 10 m/seg y en los colectores entre 1200 y 1500 m/min. La velocidad del aire, al salir del separador no debe ser mayor de 12 a 14 m/seg y en algunos países existen reglamentaciones.

Como es natural, la velocidad puede ser la mínima en el caso de polvos ligeros y secos, como por ejemplo el serrín de madera, para los cuales es suficiente de 10 a 15 m/seg en los colectores; pero en el caso del polvo de las fundiciones puede ser necesario llegar a 24 m/seg. También puede influir la clase de polvo de algunos materiales plásticos se adoptan altas velocidades, por ejemplo, 22 m/seg, a pesar del polvo de poco peso y sequedad de este.

En la Tabla (VII) señalaremos las velocidades del aire en los colectores, recomendados por

especialistas, para la aspiración de polvos corrientes en la industria. Las velocidades en las capotas, tubos normales y derivaciones, difieren mucho en cada caso, como ya se ha dicho, debido a la gran variedad de diseños, dimensiones, etc, de aquellas partes.

Del acierto en establecer las velocidades del aire dependerá el que la aspiración y separación se lleven a cabo en condiciones aceptables, y estas velocidades las determina, en la práctica, el proyectista o constructor de los separadores, el cual dispone, además, de instalaciones piloto que le permiten efectuar ensayos previos con el mismo polvo a aspirar.

#### b) Volumen de Aire.

El volumen de aire necesario viene dado principalmente por el número de capotes o puntos de captación, y situación, en la zona donde se produce el polvo, sus dimensiones o abertura de boca, características del polvo, condiciones de trabajo, dimensiones del disco, muela de pulir o elemento directamente productor de polvo, etc.

En la tabla (VIII) se detallan como orientación los volúmenes considerados más apropiados en varios casos de corrientes de aspiración de polvo. Sin embargo, para la determinación correcta del volumen necesario en cada caso y, en particular, cuando se trata de casos difíciles o sin antecedentes, es preciso cierta experiencia y, además, nunca puede-

considerarse el volumen del aire como un factor aislado, pues la masa del aire deberá ser movida a una velocidad determinada, sin la cual aquel volumen sería inoperante.

3) Eficiencia Requerida. La eficiencia requerida de los sistemas de aspiración y separación del polvo es otra consideración que, hay que tomar en cuenta para la selección adecuada del equipo el cual, debe cumplir los requisitos siguientes:

- a).- Concentración del polvo en el gas.
- b).- El equipo debe conservar su eficiencia de limpieza, la cual, debe ser virtualmente constante en todo el ciclo de operación.
- c).- El equipo no ha de necesitar interrupciones en su funcionamiento para limpiarla.
- d).- Debe satisfacer las condiciones ordinarias de bajo costo, durabilidad, bajo costo de mantenimiento-operación y mínimo espacio.
- e).- Tiempo de trabajo.

Ahora bién, entre los dispositivos, métodos de control y prevención de la contaminación del ambiente laboral y de la atmósfera provocada por polvo-

Tabla( VII )

Velocidades del aire en los colectores para algunas clases de polvos industriales más corrientes .

Material a aspirar	Velocidades en: m/seg
Serrín ligero	de 10 a 15
Virutas de madera	de 15 a 20
Polvo de borra	de 12 a 15
Polvo metálico	de 20 a 25
Polvo de cuero	de 10 a 20
Polvo de plásticos en general	de 17 a 22
Polvo de carbón	de 18 a 20
Polvo de goma	de 17 a 20
Polvo de fundiciones	de 18 a 23
Polvo de harina	de 10 a 12
Polvo de azúcar	de 11 a 13

Tabla (VIII)

Volumen de aire en  $m^3$  por minuto, aplicado en máquinas de pulir y esmerilar en tres casos corrientes.

		Piezas pequeñas	Piezas corrientes	Piezas grandes
Clase de discos	Ø/de los discos en : mm	Volumen de de aire en : $m^3/min$	Volumen de aire en ; $m^3/MIn$	Volumen de aire en : $m^3/min$
Discos para pulir	Hasta 200	6	9	30
	200 a 350	9	13	30
	350 a 450	13	20	40
Discos para esmerillado	Hasta 200	3	6	9
	200 a 300	6	9	9
	300 a 400	9	13	13
	400 a 500	-	13	20
	500 a 600	-	-	20
Bandas abrasivas sobre muelas de contacto	Hasta 200	6	9	13
	200 a 300	9	9	20
	300 a 450	-	13	30



se cuentan los siguientes:

- I).- Colectores o Separadores en Seco
- II).- Colectores o Separadores en Húmedo.
- III).- Colectores o Separadores Electrostáticos.

#### I) Separadores en Seco

Entenderemos como separadores en seco aquellos que retienen el polvo arrastrado por una corriente de aire por medio de mangas telas, placas, paneles, laberintos, etc., que desempeñan su cometido en un medio prácticamente seco.

#### A) Generalidades.

Los separadores en seco tienen mayores posibilidades de adaptación práctica debido a la ausencia de líquido, lo que puede tener importancia si han de colocarse próximos a máquinas herramientas, molinos, etc., o cuando deban constituir equipos móviles. Sin embargo, con el fin de aprovechar simultáneamente las ventajas de los sistemas seco y húmedo, se ha adoptado en muchos tipos la solución mixta ya antes apuntada, que consiste en un filtrado previo a base de ciclones y mangas de tejido basto, seguido de una separación en húmedo, que entonces puede ser de poca capacidad, puesto que sólo deberá separar las partículas más finas.

Entre las desventajas más importantes de los separadores en seco figura, sin duda en primer término, el riesgo de incendio que dependerá, como es natural, de la clase de polvo producido, es decir, que en el control de polvos inflamables habrá que hacerse uso con más frecuencia de un método húmedo que seco. Los colectores de polvo, vía seca que más comúnmente se utilizan son:

- 1.- Cámaras de precipitación por gravedad
- 2.- Separadores centrífugos a base de ciclones.
- 3.- Colectores de bolsas.

#### 1. Cámaras de precipitación por gravedad.

El principio de estas cámaras se basa en la precipitación del polvo por gravedad cuando la velocidad del aire aspirado que lo conduce se reduce considerablemente al desembocar la corriente en una amplia cámara, de un volumen adecuado, para producir aquella pérdida de velocidad.

Precisamente, el volumen de estas cámaras es lo que, en la práctica, hace difícil y costoso este tipo de separador, pues siempre resulta de extraordinarias dimensiones. Por ello su empleo ha quedado relegado a casos poco frecuentes en la industria.

Como decíamos anteriormente, su aplicación es limitada, ya que, trabaja relativamente bien en la captación de partículas pesadas del orden de 200 micras. Su eficiencia es baja con polvo fino y tiene el inconveniente de requerir mucho espacio en el lugar de instalación. Su caída de presión es baja y está en el rango de 0.2 a 0.5 pulgadas de c.a. La velocidad del gas no debe de exceder de 60' por minuto.

## 2. Separadores centrífugos a base de ciclones.

Este tipo de colectores se basan en la precipitación del polvo por acción centrífuga, en una o varias cámaras llamadas ciclones, generalmente cilíndricas, de formas y dimensiones diseñadas y calculadas para producir aquella precipitación. La fuerza centrífuga imprimida a las partículas aspiradas y arrastradas, en forma de espiral, hacia el fondo del ciclón, es mucho mayor que en el caso de las cámaras de gravedad, y por ello, es posible separar partículas mucho más pequeñas con ciclones de volumen mucho más reducido que las cámaras de precipitación.

### 2.1 Generalidades.

El grado de separación o rendimiento de los ciclones depende del diámetro exterior de la cámara y del diámetro del tubo interior, siendo mayor cuando menores son ambos diámetros. Influyen notablemente en el cálculo la dimensión del polvo, su peso espe

cífico, el grado de separación requerido y la pérdida de carga admisible. Debe prestarse particular atención a la posible formación de turbulencias en el interior del ciclón, lo cual disminuye su rendimiento o capacidad separadora. Dentro de las características generales figuran las siguientes:

- a).- Los ciclones convencionales tienen su mayor campo de acción en la separación de polvo grueso de dimensiones entre 20 y 30 micras.
- b).- Los ciclones se emplean muchas veces como separación selectiva, previa a la de otros tipos de separadores, como mangas, los húmedos y los electrostáticos.
- c).- El grado de separación o rendimiento de los ciclones depende del diámetro exterior de la cámara y del diámetro del tubo interior siendo mayor cuando menores son ambos diámetros.
- d).- No poseen partes móviles, su constitución es simple en los de tipo convencional, y son de bajo costo.
- e).- Se acostumbra instalarlos en paralelo para depurar grandes volúmenes de aire y en serie para altas eficiencias.

f).- Al acoplar varios ciclones en serie, - puede considerarse el primer ciclón co-  
mo un concentrador de polvo y los si-  
guientes como separadores selectivos.

## 2.2 Eficiencia del colector.

El rango de eficiencia varía de acuerdo -- con el tamaño de partículas como lo podemos apreciar en seguida:

Separación de polvo hasta	5 micras	50%
Separación de polvo de	5 a 10 "	80%
Separación de polvo de	10 a 15 "	93%
Separación de polvo mayor de	15 "	99%

Los ciclones de alta eficiencia son de ma--  
yor longitud o altura en relación con el diámetro del aparato en comparación con los de baja presión o eficiencia y tienen una mayor resistencia al paso del -  
aire. Por ello, se acostumbra disponer los colecto -  
res en serie para obtener altas eficiencias. La más -  
baja eficiencia se obtiene para la colección de par -  
tículas estando entre 20 y 40 micras.

## 2.3 Mecanismo de colección.

En estos separadores, el aire a depurar --

es aspirado (por medio de un aspirador que provoca una depresión), tangencialmente de forma que al entrar la corriente de aire dentro de la cámara del separador, se ve forzada a efectuar un movimiento helicoidal (fuerza centrífuga producida por el exhaustor), que proyecta el polvo hacia las paredes cilíndricas del separador, resbalando por dicha pared hasta llegar al depósito de polvo. El aire que ha quedado libre del polvo en esta primera fase, con un rendimiento aproximadamente del 90 al 95% pasa a continuación dilfrándose a través de las mangas textiles dispuestas en la parte superior de la cámara. Finalmente, el aire es expulsado al exterior con rendimientos del 99%.

#### 2.4 Clasificación de los seraparadores centrífugos.

Generalmente, éstos se agrupan en tres clases:

2.a).- Ciclones simples.

2.b).- Multiciclones o multiceulares

2.c).- Separadores centrífugos tubulares.

##### 2.a) Ciclones simples.

Su principio de trabajo consiste en introducir el aire cargado con polvo tangencialmente por la parte superior de una sección cilíndrica. El polvo con una trayectoria espiral, viaja a través de la sección inferior del ciclón donde se descarga y se se

para del aire que sale por la parte superior. Fig. -  
No. 3.

## 2.b) Multiciclones.

Consisten en ciclones de poco diámetro teniendo por -  
lo general 9 pulgadas o menos; son más eficaces que -  
los usuales de diámetro y tamaño más grande. Estos -  
ciclones son diseñados en paralelo y descargan el pol -  
vo a una tolva común. Su mayor ventaja es de que se -  
obtiene una buena eficiencia de colección. Su desven -  
taja consiste en que si las condiciones de operacióm -  
no han sido bién estudiadas puede presentarse el pro -  
blema de atascamiento en el interior de los ciclones.  
Puede captar partículas desde 5 micras, dependiendo -  
del material por coleccionar y de las condiciones de tra -  
bajo. Fig. No. 4

## 2.c) Separadores centrífugos tubulares.

Consisten en otra moderna adaptación del -  
principio de los ciclones, están provistos de un con -  
junto de tubos, cada uno de los cuales constituye en -  
realidad un pequeño ciclón, pero de un diámetro que, -  
en la práctica, oscila entre 80 y 200 mm. Fig. No. 5.

Este sistema que, en definitiva, es un ci -  
clón múltiple, se basa en la teoría de que a igual -  
velocidad del aire, los ciclones de mayor diámetro -  
tienen un mayor rendimiento.

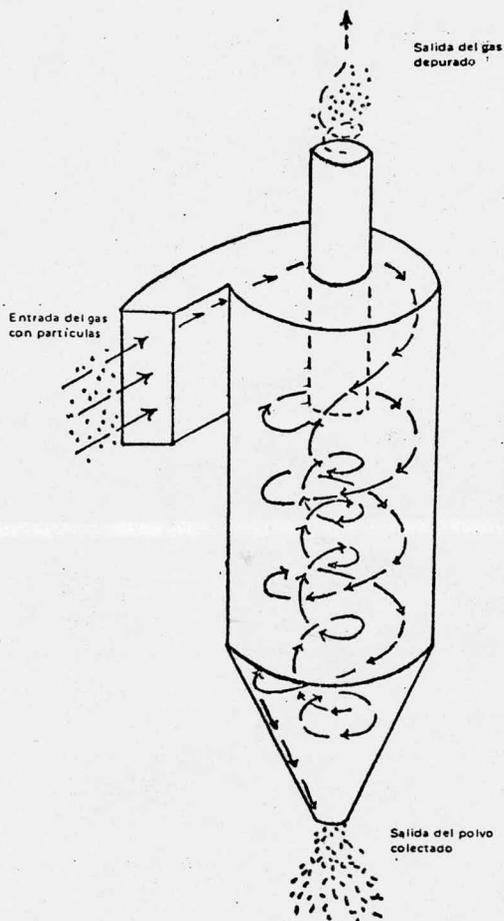


FIG. No 3 Colector básico de ciclón.

Este conjunto de tubos, que puede pasar del centenar, según el volumen de aire a aspirar, se monta en posición vertical o en ángulo de unos  $45^{\circ}$  sobre placas de sustentación dentro de una cámara, en cuya parte superior se halla la zona de expulsión del aire ya depurado y en el inferior, una o varias tolvas para la recojida del polvo precipitado. La entrada del aire a depurar puede ser axial o tangencial y se hace por una sola abertura, desde la cual se reparte más o menos uniformemente a través de todos los pequeños tubos que, como hemos dicho, son otros tantos ciclones de reducido tamaño.

Existe en este sistema una mayor pérdida de carga que en los ciclones corrientes y la resistencia del conjunto de tubos es inversamente proporcional al cuadrado del número de tubos ciclones alojados en la cámara.

El rendimiento de este sistema de separación señala promedios del 95% con partículas de polvo de unas 10 micras y con mayores tamaños, el rendimiento es mayor.

### 3. Colectores de Bolsas.

El principio de trabajo de este tipo de colectores consiste en hacer pasar cierto volumen de aire a baja velocidad a través de una tela de fibra natural o sintética que constituye el medio filtrante. El gas fluye por los poros de la tela formando

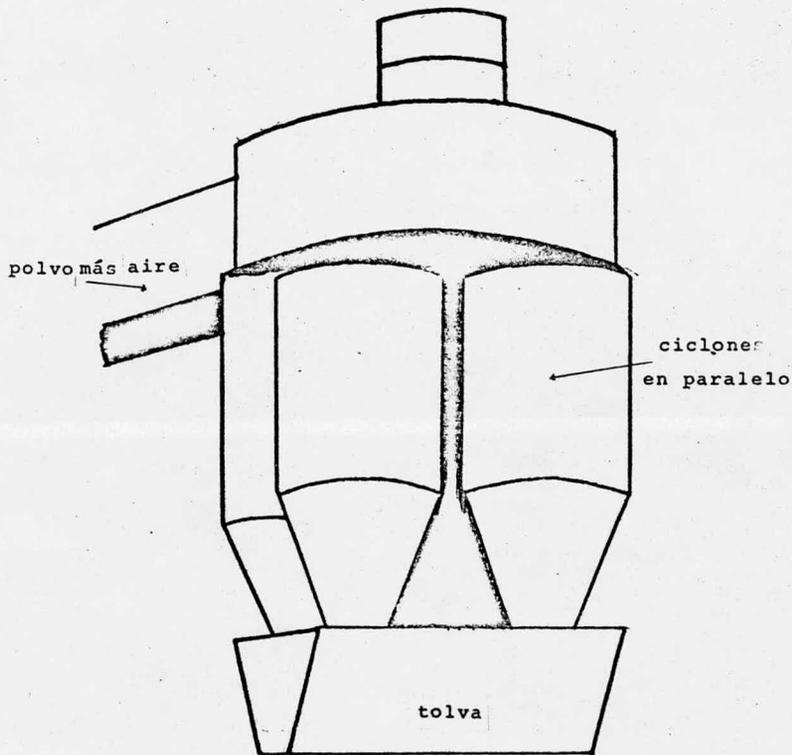


Fig No 4 Multiciclón

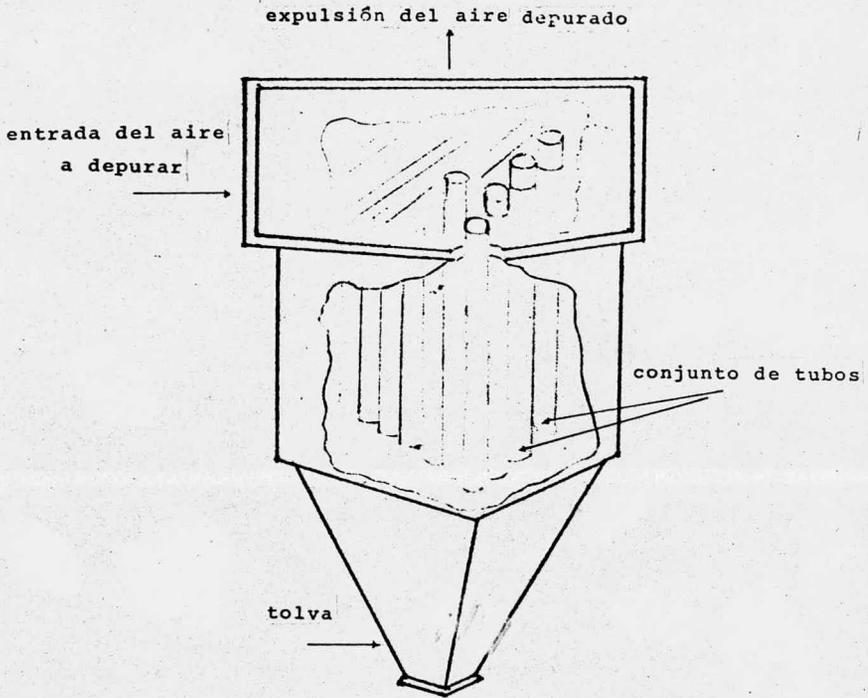


Fig No 5 Separador centrifugo tubular

en su superficie una fina capa de polvo que aumenta la eficiencia de filtración y también la resistencia al paso de aire, por lo cual tiene que ser limpiada periódicamente.

### 3.1 Generalidades.

Se usan ampliamente en la industria para una gran cantidad de aplicaciones. Están limitados a las condiciones de aire seco para prevenir condensación sobre la superficie filtrante, siendo una limitación también la temperatura de la corriente de gases. Con materiales higroscópicos o pegajosos o materiales de muy baja densidad se deberá tener un cuidado especial para su aplicación, ya que se pueden presentar problemas de manejo de materiales principalmente. El rango de flujo a través del medio filtrante varía con el tipo de colector, la aplicación concentración de polvo, temperatura y tipo de material. Dentro de las características especiales o específicas se cuenta con las siguientes:

- a).- Son útiles en la separación de partículas que están dentro del rango de 0.25 hasta el submicroscópico.
- b).- Se emplean en la mayoría de los casos como complemento de la fase final de un mecanismo de colección de polvos para obtener rendimientos del 99% de pureza del aire.

- c).- No son útiles en la reducción de condiciones explosivas.
- d).- Estos colectores se seleccionan de modo que la caída de presión no exceda de 150 mm de c.a.
- e).- La humedad es un factor importante, ya que los materiales higroscópicos afectan la operación del colector.
- f).- Ocupan amplios espacios debido a que manejan grandes volúmenes de aire, por ello, si sus costos no son moderados son altos.
- g).- Los dos tipos básicos de medio filtrante utilizados en los colectores de polvo del tipo tela, son las telas tejidas y los fieltros. Las telas tejidas son esencialmente filtros de superficie mientras que los fieltros son filtros de profundidad.
- h).- Estos colectores cuentan con un sistema de aspiración de aire, y con un sistema mecánico que actúa comunicándole un movimiento vibratorio a todas las bolsas, cuyo polvo cae a las tolvas.

### 3.2 Eficiencia del Colector.

Este medio de separación del polvo se usa -

debido a su gran eficiencia (más del 99%), para captar partículas pequeñas dentro del rango submicroscópico. Altas eficiencias de colección son alcanzadas desde el arranque inicial del colector, tal es el caso de los filtros de fieltro que no dependen del polvo depositado, en las bolsas, sino de la densa composición de sus fibras. Las partículas de polvo aún en tamaño submicrónico no penetran en el filtro considerablemente.

Las mallas de las telas tejidas, relativamente abiertas, no prevendrían el que el polvo pasará a través de las bolsas filtrantes durante el inicio de la operación de un colector, Sin embargo, cuando la bolsa filtrante llega a estar saturada con el material que está siendo colectado, se obtienen como resultado altas eficiencias de colección.

### 3.3 Mecanismo de Colección.

El ciclo de filtrado es como sigue: el aire o gas con polvo que entra al colector se encuentra primero con una placa de choque; debido al rápido cambio de velocidad y dirección del flujo de gas, las partículas más grandes caen dentro de la tolva, El polvo más fino y la corriente viajan hacia la parte superior del colector, acumulándose dentro de las bolsas filtrantes, pasando a través de ellas la corriente de gas al lado limpio del cuerpo siendo descargado posteriormente al exterior.

El ciclo de limpieza opera de la siguiente forma: a menudo que el polvo se deposita en la superficie de las bolsas, la resistencia al flujo aumenta periódicamente el flujo de aire a cada comportamiento debe ser detenido con compuertas adecuadas, procediendo en ese momento al sacudido, vibración o flujo reversible de aire para limpiar ese compartimiento. Se debe considerar tiempo suficiente para que permita que el polvo caiga y se deposite en las tolvas evitando el regreso del mismo a las bolsas.

Como el período de tiempo de limpieza de cada compartimiento es relativamente largo, un buen porcentaje del área total de filtrado no se encuentra disponible durante la operación de filtrado (10 a 33 %). Por lo tanto, la selección del colector deberá ser basada en el área de filtrado neta requerida para cada operación específica.

### 3.4 Clasificación de los Collectores de Bolsas.

3.a).- Collectores de sacudimiento mecánico.

3.b).- Collectores del tipo continuo automático.

3.c).- Collectores del tipo flujo reversible

3.d).- Collectores de alta temperatura.

### 3.a) Colectores de sacudimiento mecánico.

Este sistema cuenta con un mecanismo de aspiración de aire, que facilita la recogida del polvo. Las partículas de polvo quedan detenidas en la superficie de minúsculas fibras (se utilizan por lo general, filtros de fieltro), y al irse acumulando, se convierten en su propio agente filtrante, a medida que se va acumulando el polvo la caída de presión se aumenta hasta llegar a un punto en el cual las partículas se deben remover. Esta remoción se realiza por medio de un sistema mecánico que actúa comunicándole un movimiento vibratorio a cada una de las bolsas filtradoras, provocando que el polvo retenido en ellas caiga hacia la tolva de colección. Fig. No. 6

### 3.b) Colectores del tipo continuo automático.

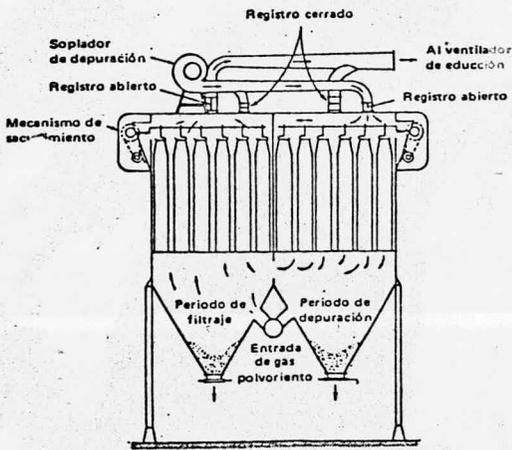
Constituye el tipo de colector con anillo de soplado viajero. El aire se introduce por la parte superior como muestra, pudiendo también ser introducido por la tolva. El aire con polvo viaja dentro de los cilindros filtrantes donde se acumula el polvo. La corriente del gas pasa a través del filtro a la cámara limpia y sale a través de la conexión de descarga.

La limpieza es continua; aire a presión proveniente de un soplador de deslizamiento positivo es inyectado a través del anillo de soplado. Este anillo contiene perforaciones angostas alrededor de su

perímetro. A la vez que el anillo de soplado va de arriba hacia abajo continuamente a lo largo de la bolsa, aire a alta velocidad es inyectado contra la pared exterior del fieltro lo cual ocasiona el desprendimiento del polvo acumulado. Con filtros afelpados y adecuada limpieza se obtienen substancialmente altas capacidades que varían de 1.2 a 4.5 m<sup>3</sup>/minuto por metro cuadrado de área de filtrado.

### 3.c) Colectores del tipo flujo reversible.

Este tipo de colectores operan de la siguiente forma: el aire con polvo se introduce al colector y viaja hacia las mangas. El polvo se deposita en las bolsas pasando la corriente del gas a través de ellas. El gas viaja a través de las bolsas, entra a la cámara de aire limpio y pasa hacia las compuertas de descarga saliendo al cabezal común de descarga. El ciclo de limpieza reversible se basa en un programador de tiempo que controla la operación de las válvulas de compuerta que aíslan cada sección. Durante el ciclo de limpieza, la compuerta de descarga se cierra y la compuerta de inyección de aire se abre permitiendo la entrada de aire a baja presión a la cámara aislada del plenum, desciende a través del interior de las bolsas filtrantes invirtiendo el flujo de gas y desprendiendo el polvo depositado en la superficie exterior de la bolsa. El tiempo total de limpieza para una sección aislada es de aproximadamente 1 segundo.



Filtro típico de bolsa

Fig No. 6

### 3.d) Colectores de alta temperatura.

El colector de alta temperatura, puede trabajar en la captación de polvos finos, teniendo una alta eficiencia de filtración manejando gases calientes. Es un colector de bolsas de tela de fibra de vidrio que puede filtrar gases hasta de 550°F.

Si los gases por manejar están a una temperatura más alta es posible bajar esta temperatura mezclándolos con el aire exterior o atomizando, en el flujo de gases, agua por medio de espreas o enfriando por radiación, haciendo pasar los gases por una tubería para que haya intercambio de calor con el exterior.

## II) Colectores o Separadores en Húmedo.

Los colectores o separadores por vía húmeda son el sistema técnico, práctico y económico útiles en el control de polvos combustibles o inflamables. Con estos sistemas se alcanza un alto grado de separación y evitando los riesgos de explosión e incendio.

Los separadores en húmedo, como ya indica su nombre, el agente depurador, en estos separadores, es el agua en forma de turbulencia, cortina, proyección, goteo, neblina, etcétera, con o sin aditivos para mejorar su comportamiento como elemento filtrante.

### A) Generalidades.

Los lavadores de gases son equipos que pueden aplicarse tanto en la colección de polvos como en la absorción de humos y gases.

Estos equipos colectan los polvos como una solución o lodo, el cual requiere de un proceso posterior, ya sea para recuperar un producto o para disponer de él como un material de desecho.

El lodo o solución resultante, puede ser procesado por medio de centrífugas, filtros, clasificadores o tanques de asentamiento. etc. La selección

del medio de tratamiento de los lodos está en función de las características físicas del material coleccionado, así como del costo del mismo y de la disponibilidad de agua.

Las partículas submicrómicas pueden ser colectadas por medio de lavadores de alta energía (Venturi), mientras que para partículas cuyo tamaño varía entre 1 y 10 micras, se pueden utilizar lavadores de baja energía. Los contaminantes gaseosos pueden separarse de la corriente de aire por condensación, lavado, absorción o incineración.

Para el diseño y selección de los componentes de un sistema para la eliminación de contaminantes por vía húmeda, es necesario tener presente, además de las propiedades del material y las condiciones de operación de la corriente de gases, los conceptos básicos de psicrometría, tales como: temperatura del bulbo húmedo y seco, humedad relativa y absoluta, volumen saturado líneas de saturación adiabática, entalpía, etc. Resumiendo podemos decir que, los separadores de polvo por vía húmeda presentan las siguientes características:

- a).- Los riesgos del manejo de una mezcla de aire con polvos explosivos, son reducidos.
- b).- Se pueden eliminar tanto gases como partículas.

- c).- La corriente de gases se enfría y se lava simultáneamente.
- d).- Los vapores corrosivos pueden neutralizarse mediante una selección adecuada del líquido de lavado.
- e).- No existe límite en la temperatura y contenido de humedad de la corriente de proceso.
- f).- El espacio que ocupa el equipo es moderado.
- g).- La eficiencia varía en función del consumo de potencia.
- h).- El costo inicial del equipo es moderado, pero el costo de operación es alto, especialmente para altas eficiencias, ya que estas requieren un gran consumo de potencia.

## B) Eficiencia del colector.

Dentro de los colectores húmedos ocurren básicamente dos operaciones a saber:

- a) Contacto.- En esta operación el líquido entra en contacto con el contaminante del gas y se obtienen partículas líquidas contaminadas. En los colectores venturi corresponde al paso a través de la gar-

ganta o venturi lo cual ocasiona una caída de presión o pérdida de energía.

b) Separación.- Consiste en separar al máximo las partículas de líquido contaminado del gas limpio.

Ahora bien, se entiende por eficiencia de colección: es la relación entre el peso de polvo capturado y el peso de polvo alimentado al colector. Las eficiencias de colección y caídas de presión correspondientes varían en un amplio rango dependiendo del diseño de que se trate.

### C) Mecanismo de colección.

Cuando se utiliza un líquido para eliminar partículas de una corriente gaseosa, se llevan a cabo principalmente los siguientes mecanismos:

- 1).- Mecanismos de humidificación de las partículas por contacto con pequeñas gotas de líquido.
- 2).- Impacto de partículas húmedas o secas sobre las superficies de colección, seguido de su separación de esas superficies por medio de un flujo de líquido.

## D) Clasificación de los colectores húmedos.

Básicamente hay dos categorías de colectores húmedos: colector de baja energía y colector de alta energía y referidos a su vez a las enumeraciones siguientes:

- 1.- Lavador ciclónico.
- 2.- Lavadores de placas de choque
- 3.- Lavadores de impacto.
- 4.- Torres empacadas.
- 5.- Lavador tipo Venturi.

### 1. Lavadores ciclónicos. Fig. No. 7

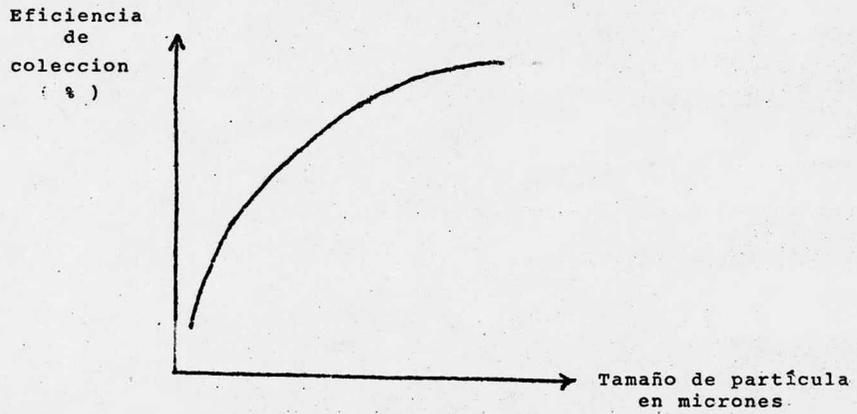
Se utilizan para manejar:

a) Partículas de 1 micra o mayores, obteniéndose eficiencias de 98 a 99 %.

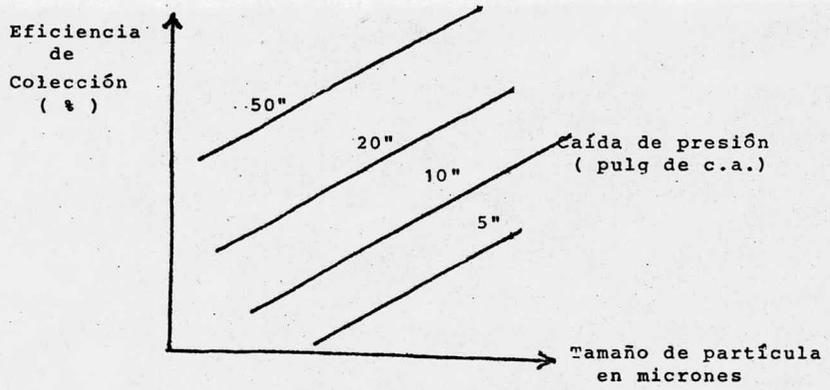
b) Para absorber gases muy solubles, tales como el Hcl y  $\text{NH}_3$ .

c) Para eliminar  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y compuestos orgánicos sulfurados, usando como medio de lavado una solución alcalina.

$$\text{Eficiencia de Colección (\% en peso)} = \frac{\text{Peso de polvo capturado}}{\text{Peso de polvo alimentado}} \times 100$$



Eficiencia de Colección



Eficiencia de colección y caída de presión.

Algunas características de operación de estos equipos son las siguientes:

A) Consumo de líquido: 650 - 700 l/min por cada 1000 m<sup>3</sup>/min de gas saturado, que constituye el gasto promedio.

b) Presión del líquido: de 3.5 a 10 kg/cm<sup>2</sup> - la mayor de estas presiones se usa para la colección de partículas de casi un micrón de diámetro.

c) Caída de presión: varía de 25 - 100 mm. de c.a. dependiendo de la capacidad del equipo.

## 2. Lavador de placas de choque.

Este lavador es una unidad del tipo de baja energía para eliminar partículas de polvo cuyo tamaño varía entre un rango de 2 y 10 micras. En este tipo de lavadores, los gases contaminados primero se humidifican, luego se separan en varias corrientes - las cuales pasan a través de los platos donde se lleva a cabo la colección por medio de líquido lavador, además este equipo puede usarse como un absorbedor o enfriador de gases, así como una unidad para condensación. La eficiencia de colección es función directa del número de platos o etapas.

Las condiciones de operación del lavador:

a) Consumo de agua: oscila entre 250 - 400 l/min de líquido de lavado, sin embargo, este líquido recirculándose hasta un contenido de polvo de 25 % en peso.

b) Caída de presión:

Unidades de una etapa, 75 a 115 mm de c.a.

Unidades de dos etapas, 115 a 165 mm de c.a.

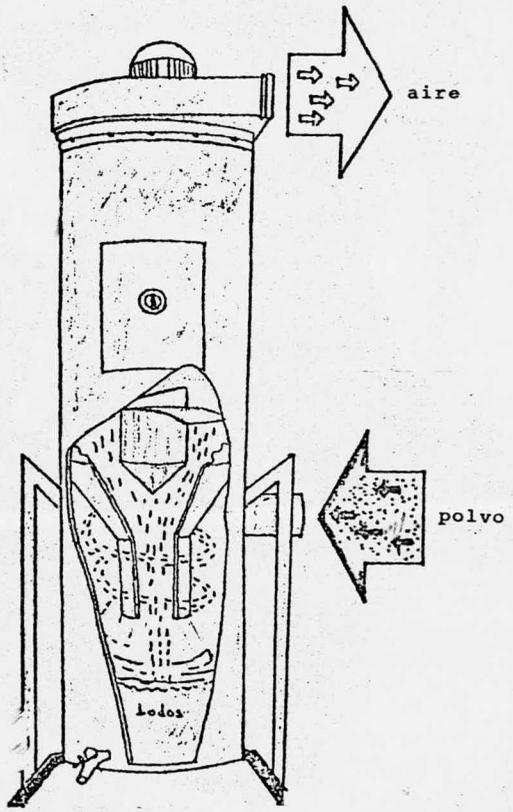
Unidades de tres etapas, 150 a 210 mm de c.a.

c) La eficiencia de colección de este tipo de lavadores está en un rango que varía entre 97 y 99%.

### 3. Lavadores de impacto.

Este equipo es un lavador del tipo de mediana energía, para aplicaciones que requieren la remoción de grandes concentraciones de polvos cuyo tamaño de partícula es de  $1/2$  de micra o mayor. Fig. No. 8

Con este tipo de colector se pueden manejar materiales con naturaleza pegajosa o higroscópicos, sin peligro de taponamiento. Debido a que el sistema de recirculación no tiene espereas que puedan obstruirse, la solución resultante puede ser usada como líquido de lavado, siempre y cuando la concentración de polvo no exceda de un 30% en peso.



ciclón húmedo

fig. No 7

Los requerimientos de agua están limitados sólo al agua evaporada y al agua de repuesto, esta cantidad es aproximadamente 65 l/min. por cada 1000 m<sup>3</sup>/min.

El gasto de agua de lavado es de 400 - 900 l/min por 1000 m<sup>3</sup>/min de gas saturado.

La presión del agua de lavado varía de 0.12 a 0.4 kg/cm<sup>2</sup>.

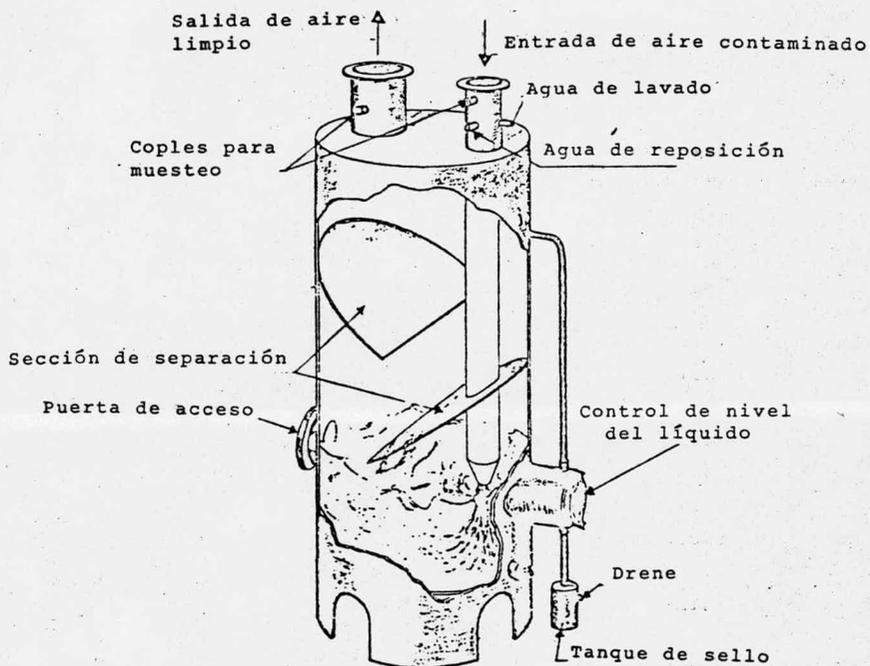
La caída de presión en estos lavadores varía entre 200 y 375 mm de c.a.

La eficiencia en este tipo de equipo está determinada por la naturaleza y tamaño de polvos, la caída de presión a través del lavador y el gasto del líquido de lavado.

#### 4. Torres empacadas.

Las torres empacadas se usan para la eliminación de humos y gases contaminantes. Básicamente una torre empacada consiste en un recipiente vertical en el cual una sección se llenó de empaque, el área que presenta este empaque facilita la interacción entre el líquido y el gas. Cuenta además con un eliminador de niebla por el que pasa el gas antes de salir a la atmósfera. Fig. No. 9.

Las características de operación de estos equipos son:



Lavador de Impacto

Fig No. 2

a) Velocidad: La velocidad de corriente de gases debe ser tal que permita el contacto suficiente y adecuado entre el gas y el medio de lavado, esta velocidad varía entre 1 y 2 m/seg.

b) Empaque: el tipo de empaque debe ser el que proporcione la máxima área superficial con la mínima área libre. Hay que tener presente que un empaque ofrece mayor área de contacto, pero requiere un mayor consumo de energía (caída de presión), para que el gas pase por la torre. Al mismo tiempo, este tamaño de empaque requiere una menor altura en la torre.

Con la experiencia en este tipo de equipos se ha encontrado que en un empaque cuyo tamaño sea de 25 a 50 mm. es el más adecuado para capacidad necesaria, distribución del medio de lavado y la caída de presión.

c) Material de empaque: los empaques convencionales son las silletas Berl o los anillos Rasching, los cuales son de cerámica.

También se usa frecuentemente empaques de porcelana o carbón. Actualmente se vende un tipo especial de empaque fabricado ya sea en polietileno o polipropileno.

d) Caída de presión: para determinar la caída de presión a través de una torre empacada, podemos

utilizar la siguiente correlación:

$$\Delta P = a \cdot 10^{bl} G^2 / d_g$$

p = caída de presión; pulgadas de H<sub>2</sub>O/ft de altura — de empaque.

G = masa velocidad del 'gas; lb/seg(ft<sup>2</sup>).

d<sub>g</sub> = densidad del gas; lb/ft<sup>3</sup>

l = masa velocidad del líquido; lb/seg(ft<sup>2</sup>)

a, b : constantes empíricas cuyo valor depende del tipo de empaque usado.

e) Eficiencia: la eficiencia para eliminar los contaminantes varía grandemente dependiendo de lo siguiente:

1.- El contaminante.

2.- La concentración y temperatura del contaminante a la entrada de la torre.

3) El tipo de solución utilizada para el lvado.

Generalmente, la eficiencia de estos equipos-

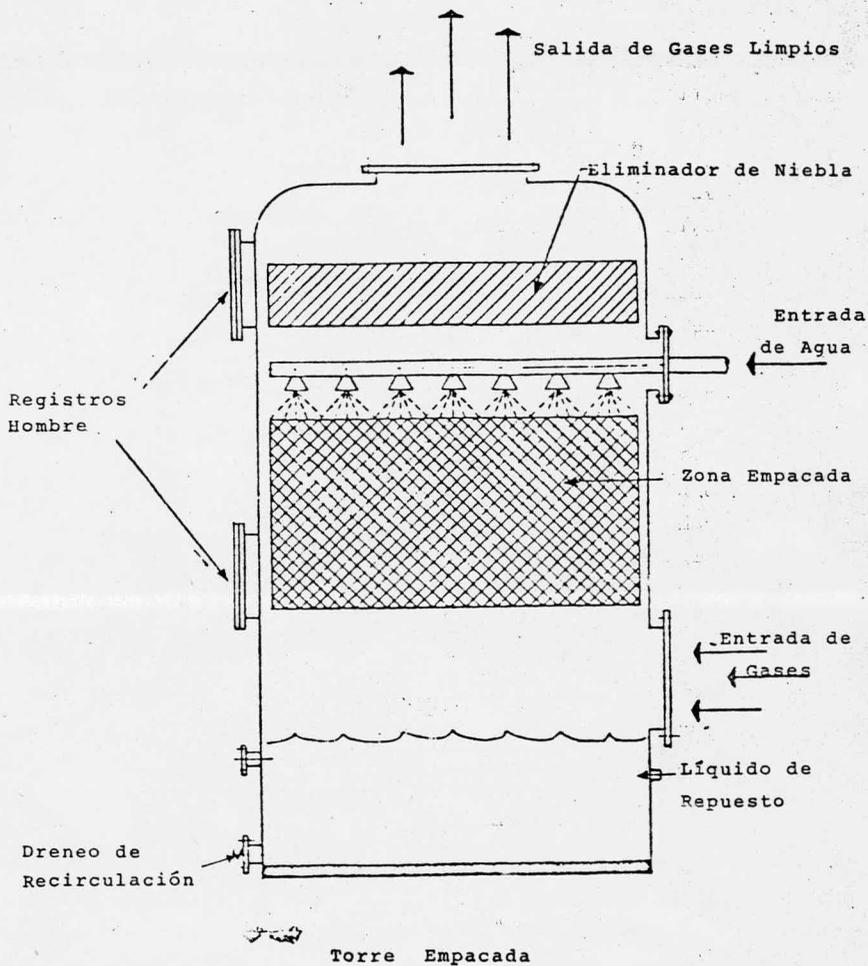


Fig No. 9

varía entre 95 y 99% excepto cuando se trata de absorber vapores nítricos y nitrosos, en estos casos la eficiencia es del orden de 80 a 85%.

## 5. Lavadores Venturi.

Este tipo de lavadores se emplea en instalaciones donde se requiere una alta energía para la colección de partículas submicrómicas. Fig. No. 10

Los principios de operación de este equipo son los siguientes: la atomización del líquido de lavado tiene lugar en la garganta del Venturi, ahí se introduce a relativa baja presión y se produce una gran cantidad de pequeñas gotas.

Como regla general, podemos decir que es preferible utilizar un mayor consumo de lavado que una alta velocidad del gas, ya que asegurar que no haya ninguna zona seca en la garganta del Venturi. Podemos considerar como rangos ideales de operación en lo que refiere a gastos de agua de lavado y a velocidad del gas en el Venturi los siguientes: 650 a 1000 l/min de líquido por

1000 m<sup>3</sup>/min y velocidades entre 40 m/seg y 90 m/seg.

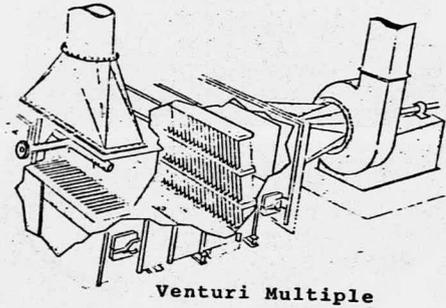
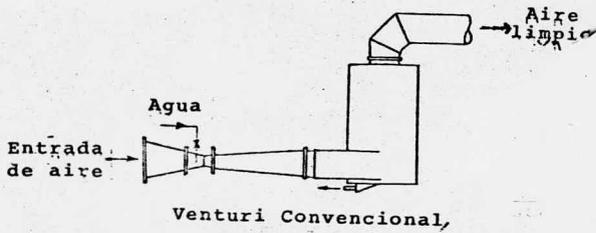
La presión del líquido de lavado puede ser:

a).- Alimentada por gravedad

b).- Cuando se tiene un sistema de recirculación, se requiere una bomba con una cabeza de 5 a 10 psig.

La caída de presión en estos lavadores varía generalmente en estos lavadores entre 125 y 750 mm. de columna de agua, dependiendo de la eficiencia deseada así como del tamaño de partícula. Fig.No. 11

Algunos tipos Venturi tienen una garganta ajustable, la cual permite mantener una eficiencia constante aún con variaciones en el volumen de gases manejados. También con este tipo de dispositivo se puede mantener constante la caída de presión en el equipo, para evitar así el incremento en el consumo de potencia. El material de construcción de la sección Venturi debe ser tal que resista los problemas de abrasión que se presentan debido a las altas velocidades que se alcanzan. Fig. No. 12.



COLECTORES TIPO VENTURI

Fig. N. 10

Comparación de Eficiencia  
En Colectores Venturi

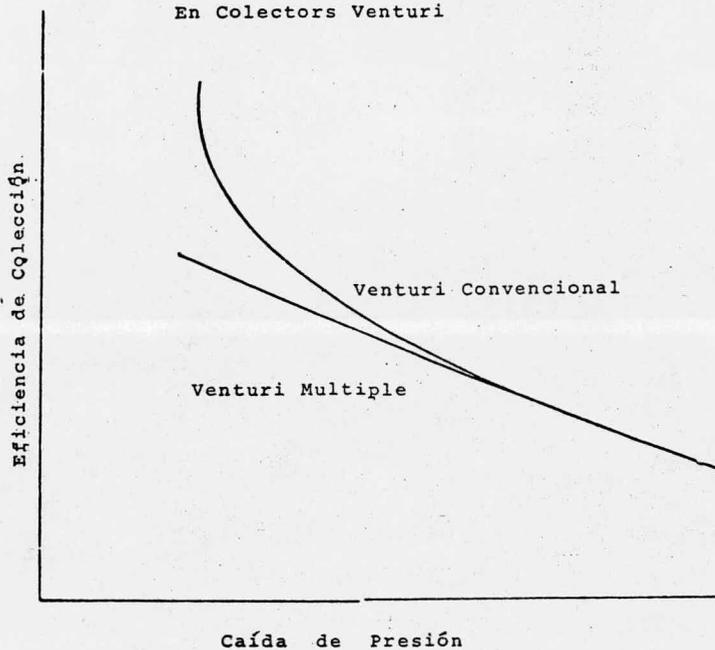
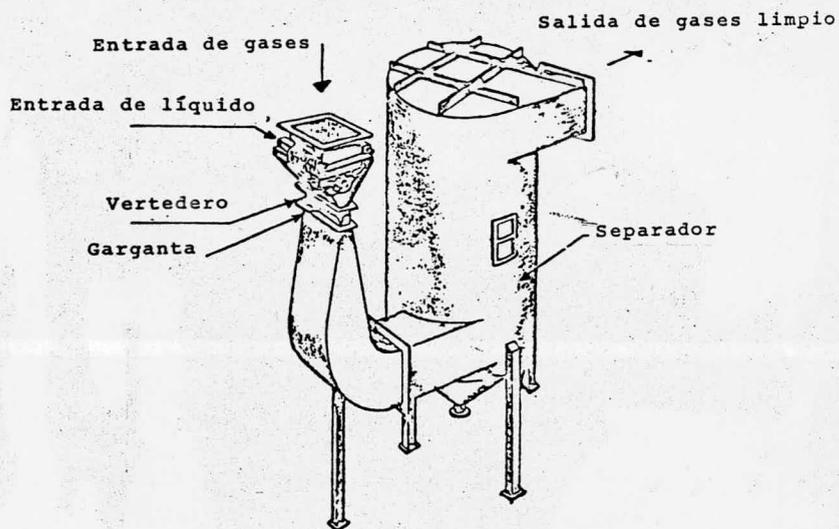


Fig No. 11



Lavador de Gases tipo Venturi  
con Separador Ciclónico

Fig No.12

### III) Separadores Electroestáticos.

Este tipo de colectores están basados en el proceso eléctrico comúnmente se refiere como Precipitación Electroestática, difiere básicamente de todos los métodos mecánicos en que la fuerza de separación, actuando en partículas suspendidas, son eléctricas en naturaleza.

Esta diferencia fundamental representa ventajas únicas, tanto en operación y aplicación del método eléctrico. Las fuerzas de separación son aplicadas directamente a la partícula misma, en lugar del flujo completo de gas como es común en los métodos de separación mecánica.

#### A) Generalidades.

Los separadores electroestáticos son empleados, principalmente cuando deben depurarse grandes volúmenes de aire con poca carga de polvo y siempre que no exista riesgo de explosión.

El principio de la separación o precipitación electroestática se basa en hacer pasar el aire con polvo en suspensión por un campo eléctrico de ionización, en el cual las partículas sólidas toman una carga electroestática, por efectos de bombardeo y por difusión. Según las cargas, las partículas son

atraídas por las placas que actúan de este modo de colectores de polvo y de las cuales se van separando por medios diversos, como por ejemplo el de vibración reuniéndolo finalmente en tolvas. Estas placas constituyen los electrodos negativos, mientras que los electrodos positivos de alta tensión con alambres o varillas metálicas, llamados elementos de emisión. Como características generales figuran las siguientes:

- a).- Se emplea la separación electrostática como complemento de la separación previa, con ciclones o con separadores de otros tipos.
- b).- Se emplea la precipitación electrostática en el campo del acondicionamiento de aire.
- c).- Pueden separar partículas sólidas, líquidas o una mezcla de ambas si pertenecen al rango de 0.001 a 1 micra.
- d).- El polvo que entra al colector debe permitir el ser ionizado, para que pueda ser colectado, por lo cual es conveniente de que los gases tengan cierto grado de humedad.
- e).- La posibilidad de adopción del método electrostático, para separación de un determinado polvo, depende de varios -

factores y entre ellos: las propiedades físicas del polvo, tamaño y resistividad.

- f).- Los costos de operación están en función de la energía continua que se suministra a los alambres de emisión.

## B) Eficiencia del colector.

La eficiencia de colección debe estar dentro de las normas que marca el Reglamento (de control de polvos y humos), y el precio de la unidad es mucho mayor mientras mayor es la eficiencia requerida. Estos colectores pueden diseñarse para captar cualquier tamaño de partícula a la eficiencia que se desee.

En la práctica la mayoría de las instalaciones entre 90 y 99%. La eficiencia de colección deseada depende: de la concentración y volumen de polvo, tamaño de las partículas, temperatura y resistividad del polvo.

## C) Mecanismo de colección.

Existen, pues, en el desarrollo básico de la precipitación electrostática tres etapas esenciales, que son:

a).- Formación del campo de ionización: el polvo, vapor o neblina suspendida en los gases es eléctricamente cargado.

b).- Colección de partículas: el polvo cargado es pasado a través de un campo eléctrico en donde las fuerzas eléctricas causan que las partículas emigren hacia la superficie colectora. Entonces, el polvo es separado de los gases por retención de la superficie colectora.

c).- Desalojamiento de las partículas: el desalojo de las partículas colectadas de las superficies colectoras es a través de tolvas y de allí fuera del precipitador.

#### D) Clasificación de los Colectores Electroestáticos.

Los tipos de precipitadores electrostáticos más comúnmente usados son:

1.- Precipitadores electrostáticos tubulares.

2.- Precipitadores electrostáticos de placas.

## 1. Precipitadores electrostáticos tubulares.

Este tipo de colectores trabajan haciendo circular el aire verticalmente. Consisten en un electrodo de colección cilíndrica con electrodos de descarga localizados en los ejes del cilindro. El gas que va a ser limpiado pasa a través del espacio que hay entre los electrodos y el polvo es colectado en el cilindro externo. Fig. No. 13

## 2. Precipitadores electrostáticos de placas.

Estos colectores trabajan haciendo circular el aire en forma horizontal. Se emplean cuando, debido a la alta resistividad del polvo, su recogida después de la separación es difícil y requieren más de un colector o tolva.

Los precipitadores de placas consisten de placas colectoras paralelas con electrodos de descarga localizados entre placas. La mayoría de los precipitadores comerciales de flujo horizontal usan un espacio de 6" a 7" para electrodos de descarga. El ancho de los pasajes de gas pueden variar desde 8" hasta 12" el más común es de 9" entre placas. Fig.No. 14

Si los polvos colectados son secos, tales como polvo de cemento, ceniza, etc. Un flujo horizontal y varias cámaras múltiples y pasajes de gas son -

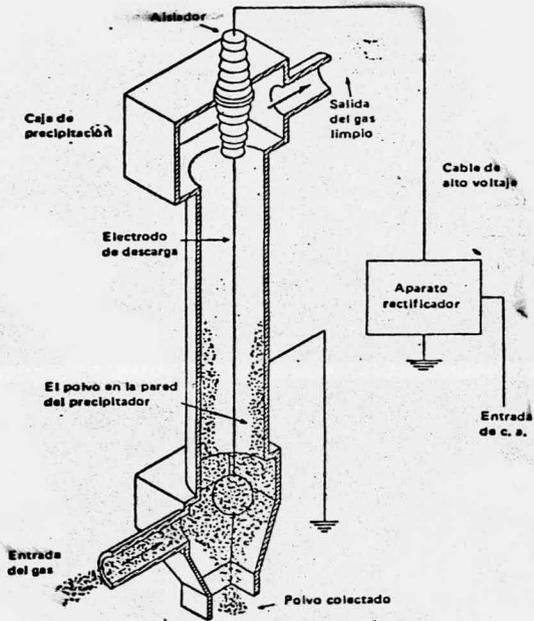
usados, en donde el polvo precipitado es removido de las placas colectoras por medio de vibraciones mecánicas. El polvo cae entonces en las tolvas y es desalojado por sistemas de evacuación, como bandas transportadoras, etc.

Entre algunas de las características generales de operación figuran las siguientes:

- a).- Manejan volúmenes de 10000 a 200000 ft<sup>3</sup>
- b).- Trabajan a presiones inferiores a la atmosférica hasta 150 lb/in<sup>2</sup> manométricas.
- c).- Trabajan con temperaturas de 20°C a 1000°C.
- d).- La resistividad eléctrica del polvo no deben ser mayor de  $2 \times 10^{10}$  ohm-cm.

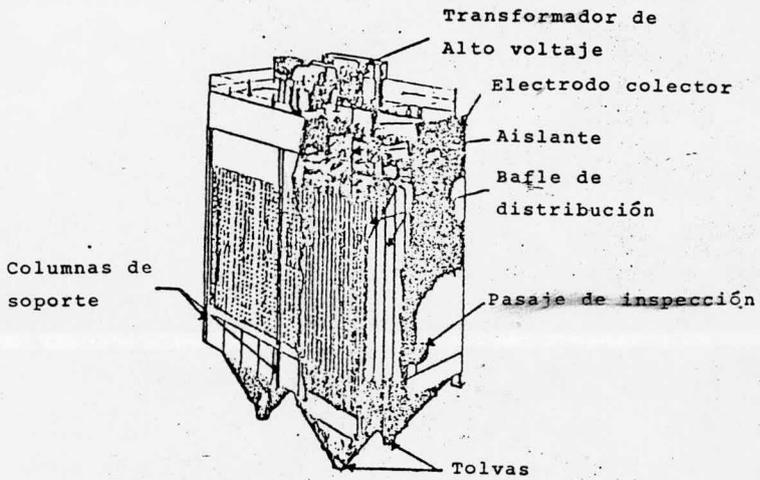
### 5.3.2 Empleo de Cubiertas en los Procesos que Producen Polvo.

Se entiende por "Empleo de Cubiertas en los Procesos que Producen Polvo", a todos aquellos elementos mecánicos que contribuyen a que se lleve a cabo la aspiración y separación del polvo de la atmósfera-laboral.



Elementos básicos de un Precipitador Electrostático.

Fig No.13



Precipitador Electrostatico

Fig No.14

Los elementos mecánicos que cooperan con los separadores para que se lleve a cabo la aspiración y separación del polvo son:

- 1.- Capota de aspiración.
- 2.- Canalizaciones o colectores.

#### 1) Capota de aspiración.

La capota constituye la boca de captación de aire, en el que se supone hallarse mezclado el polvo que se desea separar del ambiente, para conducirlo y precipitarlo en el separador.

El acierto en el diseño de una capota dará como resultado que la separación del polvo se obtenga en condiciones aceptables. En caso contrario, aún con una velocidad y volumen de aire correctos, puede quedar fuera de la acción de la corriente de aire de aspiración un fuerte porcentaje de polvo.

En el diseño de una capota, además de considerar el papel que desempeña la corriente de aire deberán de estudiarse, como factores importantes, el estudio de la máquina, las condiciones bajo las cuales se produce y se esparce el polvo, la forma de trabajo del elemento productor del polvo y las características de éste último.

En algunos casos, afortunadamente pocos, ha sido imposible diseñar una capota manteniendo equi-  
libradas de manera aceptable las diversas exigencias. En estos casos, no queda más solución que forzar, has-  
ta el límite tolerable, la presión de aspiración y  
conformarse con rendimientos más bajos.

Las capotas se construyen de chapa de acero galvanizado, de poco espesor, para producir el peso -  
y permitir su fácil adaptación a la máquina aparato o  
instalación. Además las capotas deben limpiarse a me-  
nudo, por lo que es recomendable hacerlos asequi -  
bles y, por ello, generalmente se componen de va -  
rias partes. Naturalmente, cuando la capota debe reu-  
nir condiciones mecánicas, ajenas a las propias de -  
la captación del polvo, serán aquellas las que debe -  
rán tenerse más en cuenta. Así por ejemplo, las capo-  
tas que al mismo tiempo cumplen la función de guarda-  
muelas y protectores, deberán ser de acero y de una -  
sección prescrita por las normas de seguridad que ri-  
jan a tal efecto.

Las capotas se construyen también de poliés-  
ter reforzado, siendo más ligeras y fáciles de lim -  
piar, aún que más frágiles, y para la captación de -  
ciertos productos químicos se construyen de acero ino-  
xidable.

## 2) Canalizaciones.

Las canalizaciones deben conducir la corrien-

te de aire a depurar desde la capota al separador.

No debe olvidarse que la resistencia de tuberías crece con el cuadrado de la velocidad; pero por otra parte, pretender resolver cualquier problema aumentando la velocidad, puede significar permanentemente un consumo excesivo de energía.

La canalización, tubería o colector óptimo es el que permite mantener los valores adoptados, sin pérdidas de carga apreciables, en cualquier punto de la canalización. Este objetivo no se alcanza casi nunca en su plenitud, pero, es conveniente aproximarse a los valores óptimos, y para ello, debe empezarse, por recoger todos los datos de la aspiración, máquinas o elementos que producen el polvo y plantear el problema sobre el plano de la nave donde se instalarán todos aquellos elementos.

El volumen de aire y su velocidad en cada capota, determinará a su vez el área del sector del colector correspondiente. Estos sectores exigen un colector general, cuya sección va aumentando a medida que va absorbiendo más sectores, hasta llegar al separador, cuya boca o bocas de entrada deberán tener un área igual a la máxima del colector general.

Por regla general, es preferible adoptar colectores cilíndricos, con los cuales resulta una velocidad de aire más uniforme y presentan una mayor facilidad para la limpieza, pero los colectores pue -

den ser rectangulares, calculando las secciones adecuadas en cada tramo para evitar pérdidas excesivas por fricción.

Las canalizaciones son de chapa de aluminio o de acero galvanizado, pero pueden adoptarse muchos otros materiales y plásticos rígidos o flexibles. Las uniones entre colectores parciales y los generales es preferible hacerlas a través de manguitos de materiales flexibles, como el fin de compensar las pequeñas diferencias de alineación que puedan aparecer en el montaje, a pesar de la supuesta exactitud de los planos de proyección, y además, para evitar la transmisión de ruidos a través del conjunto de tuberías.

Las canalizaciones han de poderse inspeccionar y limpiar a menudo, por lo que en cada tramo de unos 2 m es conveniente disponer de un registro y es interesante hacerlo coincidir con los presupuestos puntos de acumulación de polvo, tales como curvas, desniveles, empalmes, etc.

### 5.3.3 Sistemas de Aspiración Local en el Acabado de Superficies.

Este tema comprende el estudio de la aspiración de polvos inflamables producidos en las operaciones de:

- 1.- Esmerilado
- 2.- Pulido
- 3.- Mecanizado.

#### A) Generalidades.

Como en todas las demás instalaciones de aspiración, las dos características más importantes a determinar son: el volumen de aire a aspirar y su velocidad, no sólo en la capota o zona de captación sino también en los colectores o tuberías, ya que en los separadores será el propio fabricante quien establecerá aquellos factores.

En el caso del esmerilado, pulido y mecanizado, el volumen de aire a aspirar dependerá, principalmente, de las dimensiones del disco o muela, o del elemento, que en el desarrollo de su trabajo da lugar a la formación del polvo a separar. Influirán también la clase, peso específico, volumen, etc., del mismo polvo, así como las características de la instalación en general de las canalizaciones, capotas, tipos de separadores, etc.

La velocidad que en estas aplicaciones debe imprimirse a aquel volumen de aire ha de asegurar ante todo la captación requerida para el arrastre o conducción de las partículas metálicas o no metálicas y del polvo abrasivo, desde la misma zona donde se captan al depurador, a través de la capota y de los colectores. La velocidad necesaria en cada una de las partes de estas instalaciones es más difícil de calcular que el volumen, pues, como hemos dicho antes, viene dada en parte por las características físicas del polvo o material a aspirar y este varía en amplias proporciones, incluso en una misma máquina, aplicación.

#### 1) Esmerilado.

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que en el esmerilado debe captarse polvo finísimo, de metal y abrasivo todo lo cual constituye una masa relativamente pesada, la que además, es extremadamente perjudicial para el bienestar de la planta o industria.

El esmerilado presenta problemas comunes al pulido, pero con algunas particularidades que hacen variar, en muchos casos, la velocidad y volumen de aire a prever en las capotas y en las tuberías. Fig. No. 15.

Así, pues, cuanto más ancha sea la capota o

más lejana esté del punto donde se produce el polvo, mayor será la necesidad de aire en aquel punto y menor también la aspiración efectiva y no siempre podrá compensarse todo ello aumentando la capacidad en el aspirador. Fig. No. 16.

En el esmerilado con banda el problema es más complejo debido a la velocidad y forma de la corriente de aire producida por la misma banda.

Como hemos apuntado antes, en el esmerilado, afinado o pulido con bandas abrasivas, métodos cada día más extendidos en la industria metalúrgica, debe contarse con la fuerte corriente de aire que produce la misma banda, la que, por otra parte constituye una de las ventajas de este método, por la refrigeración que aquel mismo aire produce sobre la superficie que se trabaja. Fig. No. 17.

Cabe hacer mencionar, que en todos los casos de esmerilado pulido y mecanizado es de signific da importancia la dimensión de la capota y la importancia de elegir acertadamente las tomas de aspiración.

## 2) Pulido.

Operación que se caracteriza por ser un lijado de las superficies, y por consiguiente un des-

prendimiento continuo de polvo finísimo, es por ello, que la velocidad del aire, en las instalaciones de aspiración de pulidores debe evitar también que el polvo, pueda quedar retenido en los codos, en las tuberías y en cualquier otro punto delicado del separador. Fig. No. 18.

Es importante también puntualizar que, para obtener una eficiencia razonable en la aspiración de pulidos, que la capota de aspiración cubra una parte del disco de pulir, el cual por regla general, debe quedar envuelto en sus dos terceras partes y además, de ser posible debería cubrir la zona de trabajo con el fin de poder recoger, de una forma adecuada, los restos de la pasta de pulir.

Para obtener una aspiración adecuada, la velocidad del aire en los colectores de las instalaciones de aspiración de pulidoras debería oscilar entre 15 y 20 m/seg. y en las de aspiración o capotas para discos de pulir no debería bajar de 8 ó 10 m/seg.

### 3) Mecanizado.

En las operaciones de mecanizado más corrientes en las que ha sido adoptada con éxito la aspiración figuran las fresadoras, tornos, trensadoras, máquinas de taladrar, etc.

En las fresadoras, la aspiración del polvo requiere una velocidad de unos 600 m/min, pero si debe separarse al mismo tiempo viruta, son necesarios, como mínimo, 1200 m/min influye además, en este caso el montaje de la fresa, que puede trabajar vertical u horizontalmente, y también hasta donde pueda cubrirse la fresa, lo cual ayuda mucho a reducir el volumen y la velocidad del aire.

En el torneado, taladrado y cepillado, debe renunciarse muchas veces a separar, con la aspiración, la viruta metálica, pues aún logrando captarla en la capota, podría producir obturaciones en la tubería.

En los tornos, es importante trabajar con aspiración para la captación del polvo metálico finísimo, que de otra forma podría penetrar en los más delicados organos del torno, actuando como abrasivo y produciendo prematuros desgastes, que no se evitan con la limpieza habitual de la máquina. El volumen de aire necesario en la toma de aspiración de un torno puede oscilar entre 6 y 20 m<sup>3</sup>/min, dependiendo principalmente de la posibilidad de acercarse y cubrir la zona de trabajo con la capota, más del diámetro o tamaño de la pieza.

FIG. 15 — Máquina convertidora de velocidad variable para ruedas de hasta 600 mm  $\phi$  y 100 mm ancho con guardamuelas de espesor conveniente que constituye al mismo tiempo la capota de extracción de polvo.



FIG. 16 — Ejemplo de capota de aspiración montada en una fresadora vertical.

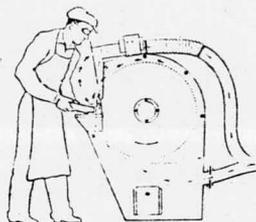


FIG. 17 — Aplicación de sistema Duszard con la aspiración de polvo para piezas de fundición.

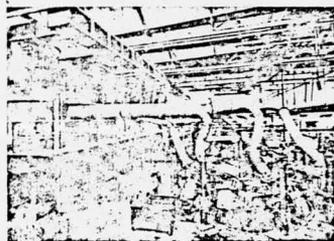


FIG. 18 — Separación en húmedo en una instalación de pulido automático de una fábrica de automóviles. La salida de los lodos está canalizada al sótano.

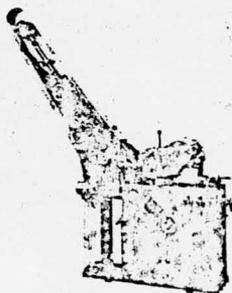


FIG. 19 — Máquina para el empujamiento y pulido automático en fábricas y talleres. Elvando ya los desperdicios de arpa a son de polvo, que será tirado a un colector general o a un separador central.

#### 5.3.4 Ventilación para evitar la Concentración de Polvo.

La ventilación general es por excelencia uno de los métodos de control de "la Ingeniería de Seguridad". Consiste en el movimiento del aire en un espacio cerrado producido por su circulación o desplazamiento por el mismo. La ventilación puede lograrse con cualquier combinación de medios de admisión y escape, naturales o mecánicos.

La ventilación general depende de la dilución del contaminante. Reclama el uso de un gran volumen de aire, en comparación con la ventilación aspiradora local y, generalmente, se le emplea para controlar la contaminación del aire sólo cuando las fuentes de dicha contaminación son muy extensas, o cuando el riesgo es mínimo. Es necesario cerciorarse que el aire de la admisión no pase frente a la fuente de contaminación al avanzar hacia el conducto de salida. Cuando el paso del aire no es enviado directamente por encima de la fuente, puede haber una dilución muy desigual.

Es de importancia capital que se controlen las atmósferas inflamables, es decir, concentraciones de polvosidades explosivas, por medio de la ventilación adecuada, a través, de ventilas, ventanas de visagra y lucernarios de ventilación o en otros casos por la ventilación forzada.

Ahora bien, la ventilación general de las fábricas donde se produzcan polvos, debe tratar sólo de renovar el aire viciado por la respiración de los obreros, y no recoger de ninguna manera los polvos producto de la fabricación, que deben ser suprimidos por otro procedimiento. O sea, que la ventilación general y los aparatos de recolección o aspiración de polvos son independientes.

Como se mencionó anteriormente, la aspiración o ventilación local, que se basa en la ítima relación del exhaustor con campanas, canalizaciones y el separador, se encargan de eliminar el contaminante en su fuente de origen alejándolo del operario. Así, pues, podemos calificar que la ventilación general es un complemento de la ventilación por aspiración.

En los lugares de trabajo donde las concentraciones de polvo excedan los límites de polvosidad establecida, es obligatorio el desempolvado por medio de dispositivos de ventilación natural o especial, así como desde el punto de vista de higiene industrial proveer a los trabajadores con equipo de protección individual.

Hay que evitar la dispersión del agente contaminante, aislando el área de contaminación por medio de cabinas cerradas. Consiste simplemente en un procedimiento en que las partes objeto de la manipulación se mantienen dentro del tunel u otro lugar cerrado durante la mayor parte de la jornada. El aislamien

to se combina a menudo con la ventilación por extracción, basada en que, cuanto más hermético sea el proceso, más eficaz resulta la ventilación con extractores, y disminuye considerablemente el peligro de contaminación.

También se debe procurar por tener o establecer un programa para la limpieza por aspiración, a intervalos frecuentes, de techos, paredes y miembros estructurales del edificio . El equipo limpiador por aspiración debe ser a prueba de explosiones .

### 5.3.5 Eliminación o Control de todas las Fuentes de - Ignición.

Cuando se permite la acumulación de polvo - combustible, se encuentra presente un riesgo latente de explosión e incendio por la inflamación espontánea de los materiales suspendidos en el aire; una de las precauciones comunes es la de eliminar o controlar - todas las fuentes de ignición.

Se hace necesario controlar o eliminar las fuentes de ignición en los lugares con atmósferas explosivas. Son precauciones comunes para ello.

- a).- Control de las fuentes eléctricas de - ignición.
- b).- Control de las fuentes de ignición por fricción.
- c).- Control de materias extrañas como fuentes de ignición.
- d).- Control de las fuentes de ignición por flamas abiertas o chispas.
- e).- Control de las fuentes de ignición debidas al fumar y a los fósforos.
- f).- Control de las superficies calientes y de las materias recalentadas como fuentes de ignición.

g).- Control de la electricidad estática.

a) Control de las fuentes eléctricas de ignición.

Las fallas eléctricas y el mal uso del equipo eléctrico sumados a servicios adecuados y un adiestramiento correcto de las labores, disminuirán los riesgos resultantes de esta fuente de ignición.

b) Control de las fuentes de ignición por fricción.

La fricción, segunda entre las causas principales de ignición en la industria, puede eliminarse con el mantenimiento y la lubricación adecuados, y la revisión periódica de todo equipo.

c) Control de materias extrañas como fuente de ignición.

El cuidado adecuado en la limpieza, y el mantener las materias primas libres de materias metálicas extrañas, especialmente las mezcladas a materiales textiles, impedirá que broten chispas que son causa de incendios.

d) Control de las fuentes de ignición por flamas abiertas.

Se refiere a la presencia de flamas abiertas tales como: flama de soldadura, mecheros estufas, etc.,

que constituyen un riesgo, potencial de ignición.

- e) Control de las fuentes de ignición debidas al fumar y otros .

Es importante un programa para controlar el fumar y el empleo de fósforos; el adiestramiento y la orientación adecuados en el trabajo, enseñar al trabajador a que siga las reglas para fumar y que lo haga solamente en los lugares permitidos, carentes de peligro harán que se reduzca esta fuente potencial de ignición.

- f) Control de las superficies calientes y de las materias recalentadas como fuente de ignición.

La distancia adecuada a que se coloquen las calderas, tuberías conductoras de vapor, etc., de las materias combustibles es de vital importancia para la reducción de una posible ignición. El adiestramiento adecuado en el trabajo y la supervisión cuidadosa, junto con dispositivos automáticos reguladores de la temperatura, a los que vigile convenientemente, disminuirán aún más el riesgo de ignición.

- g) Control de la electricidad estática.

La electricidad estática se genera por contacto y separación de materias disímiles. No es posible impedir esta generación. Las cargas de electrici-

dad estática proporcionan un camino para que se recombinen las cargas separadas, antes de que acumule un potencial capaz de generar chispas. Tres métodos corrientes utilizados son:

1.- Conectar entre si y conectar a tierra todos los materiales conductores y semiconductores inclusive los pisos conductores y el calzado conductor de los empleados, en los lugares de mucho riesgo.

2.- Ionizado con un cuerpo cargado el medio circundante, tal como el aire de la zona inmediata, se obtendrá una senda conductora. La ionización del aire puede obtenerse usando eliminadores de alto voltaje o eliminadores estáticos radiactivos.

3.- Regular la humedad del aire. Si la humedad relativa del lugar se mantiene por encima del 60%, se condensará en la superficie de los objetos húmedos suficiente para que permita que se disipen las cargas estáticas.

### 5.3.6 Protección de los Edificios contra Peligro de - Explosión.

Las presiones producidas por las explosio -  
nes de polvo son generalmente menores que las produci -  
das por las substancias volátiles, pero resultan, -  
aún así, demasiado elevadas para que las resista un -  
edificio. Esas presiones son del alrededor de 50 li -  
bras por pulgada cuadrada.

Es por ello, que en los edificios fabriles -  
en los que se manejan materiales de naturaleza explo -  
siva exigen características protectoras especiales. -  
Es esencial que se les provea de instalaciones de -  
salida de gases para que desvanezcan cualquier acumu -  
lación súbita de presión, es decir que, ayudan a de -  
terminar la cantidad de respiraderos que se necesitan  
y a que presión tendrán que abrirse los mismos.

La presión debe escapar por lugares que no -  
causen lesiones ni daños a la estructura. Por lo gene -  
ral, se adopta la instalación de ventilas, tales como  
ventanas de bisagras, tragaluces, muros ligeros y en -  
algunos casos en los que existen riesgos extremos, -  
puede ursarse el techo del edificio para que dé sali -  
da a los gases de explosión.

Por lo general, las explosiones de polvos -  
inflamables se producen en forma de una serie de esta -  
llidos, siendo las últimas explosiones las que causan

daños más graves. Algunas veces estas explosiones no se suceden en una serie. Después de la explosión inicial surge un incendio que puede ocasionar o no otra explosión, por lo tanto, en el proyecto deben seguirse las siguientes normas de construcción:

1.- Las instalaciones deberán estar cuando menos a 25 metros de edificios importantes.

2.- Se preferirán los edificios de planta-baja sin sótanos con áreas de ventilación de  $1 \text{ m}^2$  por cada  $15 \text{ m}^3$  del volumen de la instalación.

3.- Evitar el uso de acabados inflamables en paredes inferiores y substituir los acabados combustibles existentes en materiales incombustibles o menos combustibles.

4.- Evitar el uso de losetas acústicas inflamables para techos, y substituir las con losetas acústicas para techo metálicas o minerales.

5.- Disponer espacios libres adecuados entre los miembros combustibles del edificio y las fuentes de calor, tales como los tubos de chimenea o las tuberías para conducción de vapor.

6.- Empleo de tratamientos retardantes de la combustión en los acabados interiores combustibles que no puedan eliminarse.

7.- Proteger debidamente contra incendio -  
todos los miembros estructurales.

### 5.3.7 Empleo de Gases Inertes en el Manejo de Polvos-Inflamables.

El empleo de "Gases Inertes", en los procesos que manejan polvos inflamables, es un recurso preventivo, que cobra sentido cuando la naturaleza físico-química de los materiales así lo requiere, es decir que, si en un proceso industrial (molienda, tamizado) en el que se maneje un material altamente inestable por la presencia del oxígeno atmosférico y por consiguiente seguida esta inestabilidad por una explosión e incendio.

El tipo de gases inertes que se utilizan en la práctica son el nitrógeno, y el así mismo llamado "Gas Inerte", éste último consta de la siguiente composición:

CO <sub>2</sub> .....	13.0%	en volumen
Nitrógeno.....	80.0%	" "
Oxígeno.....	3.0 al 5.0%	" "
SO <sub>2</sub> .....	0.03 al 1.0	p.p.m

Según el caso, el contenido de oxígeno debe oscilar de 0.5% a 5% como composición del gas inerte.

Después de varios estudios se llegó a la conclusión de que para nuestros fines es preferible utilizar "Gas Inerte" en lugar de "Nitrógeno", debido

a que el costo de este último es de \$0.55 / m<sup>3</sup>, contra \$0.09 / m<sup>3</sup> del gas inerte.

De acuerdo con estos datos, el objetivo principal es el de amortiguar el efecto del oxígeno atmosférico para reducir la frecuencia o incidencia de las explosiones de polvo.

### 5.3.B Normas de Seguridad

El riesgo en el manejo de polvos inflamables queda completamente controlado, si en las operaciones polvosas, además de utilizar el equipo de protección personal se tienen en cuenta las normas de seguridad, que se derivan del manejo de estos materiales.

Entre el equipo de protección personal figuran: las gafas, aparatos de respiración, ropas protectoras, calzado de seguridad, etc., cuyo uso específico está en función del ciclo de actividades de la planta.

Cuando las exposiciones a cantidades excesivas de polvo, sean intermitentes y de breve duración, o cuando sean impracticables la ventilación u otros métodos de control, se debe proteger al trabajador, por medio de un equipo protector de la respiración.

La protección respiratoria es de vital importancia en el manejo de operaciones polvosas de cualquier índole. Los aparatos respiradores controlan la exposición sin que pongan coto riesgo. En teoría, la protección respiratoria puede ser muy eficaz contra cualquier contaminante del aire, tal como ocurre en: el pulido, esmerilado, envase de harina, almidón, azúcar, cereales, manejo de resinas, carbón, plásticos, procesos de curtidería y metalúrgicos.

Contrariamente a la creencia general, no es un método de control barato. Si sólo significa comprar un aparato respirador para un operario, por lo general su resultado es que no haya control alguno a menos que el contaminante sea más molesto que el aparato respirador.

Ahora bién, implantar y seguir un programa de normas de seguridad en una empresa, puede ser sencillo o complejo; económico o costoso, todo depende del tamaño de la empresa, sus características, así como de sus riesgos potenciales.

Además de contar con las medidas o normas de seguridad antes mencionadas se deberán seguir las siguientes medidas que a continuación se exponen en forma enumerativa, ya que por si solas se explican:

- 1.- Eliminación o control de todas las fuentes de ignición en los lugares en los que pueda haber una acumulación de cualquier polvo inflamable.
- 2.- Humectación: método utilizado en las minas de carbón consiste en desparramar polvo de piedra muy menudo para crear una mezcla de polvo incombustible y rociar agua para que ese polvo se conserve húmedo.

- 3.- En los lugares en que pueda haber atmósfera riesgosa deberá usarse equipo a prueba de explosiones.
- 4.- Instalar sistemas fijos y portátiles para la extinción de incendios, para que pueda controlar, combatir y extinguir éstos con rapidez.
- 5.- Impedir la presencia de aceites o grasas cerca de virutas y limaduras combustibles de metal.
- 6.- Establecer un programa para limpieza por aspiración a intervalos frecuentes.

CAPITULO 6

INDUSTRIAS QUE PRESENTAN MAS RIESGOS DE EXPLOSIONES -  
DE POLVO.

## INDUSTRIAS QUE PRESENTAN MAS RIESGOS DE EXPLOSIONES - DE POLVO.

### 6.1 Aspectos Generales

Todos los procesos industriales en los que las materias primas, además de, transformarse o separarse en productos útiles se desprende de su contente un excedente de material en forma de polvo, que en pocos casos precipita y en la mayoría de los casos - figura como una fuente de emisión continua hacia la - atmósfera laboral. por lo general, toda industria - que esté emitiendo polvo de naturaleza combustible o - inflamable presentará riesgos de una explosión de - polvo.

Ahora bién, dentro de las industrias o em - presas que presentan más riesgos de una explosión de - polvo son a saber: industrias del cuero, laca y bar - nices, azúcar, harina, almidón, cereales, plásticos, - goma, las de manipulación y transformación de la ma - dera, las de polvo de carbón mineral, industrias side - rúrgicas especialmente las que manejan metales como - el acero, aluminio, magnesio, zinc, bronce de alumi - nio, titanio, sodio, litio, potasio h hafnio.

### 6.2 La aspiración en la Industria Productora de Polvos Inflamables.

Como resumen de todas las anteriores consi-

deraciones y refiriendonos a casos prácticos, podemos decir que, actualmente, para la aspiración del polvo producido en las ya mencionadas industrias como producto de la transformación de la materia prima a productos en función del trabajo de máquinas-herramientas, máquinas de granallar, pulir, esmerilar, soldar, etc. Así como en a las fundiciones, los métodos más corrientes son los separadores en húmedo o seco/húmedo, es decir que, muchos de ellos llevan incorporados ciclones para mejorar las condiciones de separación del polvo.

En las fundiciones es muy necesaria la aspiración debido al continuo movimiento de arenas y tierras, cuyo polvo entraña el riesgo de silicosis, asípues, en las fundiciones mecanizadas donde es más fácil la instalación de medios adecuados de aspiración, que casi siempre lo son a base de separadores en húmedo.

En las explotaciones mineras, especialmente en la manipulación y transformación del carbón de piedra, los separadores centrífugos, a base de ciclones-húmedos, continúan siendo de uso muy extendido, en parte, debido al enorme volumen de aire que debe depurarse y también por resultar económica y práctica.

La manipulación y transformación de madera producen también abundante polvo, que obliga a la instalación de separadores que, por lo general, son a base de ciclones, aunque el rendimiento de estos no sea

el más alto, por ello, si el polvo es muy fino, como el que produce el lijado o se trabaja al mismo tiempo con poliéster se combinan los ciclones con separadores en húmedo, que además de lograr un alto grado de separación, evitan el peligro de incendio.

La industria de almidón, azúcar, barnices, cereales, cuero, etc., producen también abundante polvo, que por su inflamabilidad hace recomendables los separadores en húmedo. Además, con estos últimos separadores es posible revertir el aire depurado a la misma nave después de haberle conferido un determinado grado de humedad.

La fabricación y transformación de plástico presenta una gran variedad de problemas en orden a la aspiración del polvo. En efecto, el polvo puede producirse en operaciones de secado, preparación de mezclas, carga neumática de depósitos, prensado extrusionado, laminado, inyectado, triturado, calandrado, etc.

En la elección del tipo de separador influyen además, otras razones particulares y así, pues, cuando deban recuperarse polvos que no sean inflamables, será aconsejable la adopción de separadores en seco, a través de mangas, ya que la separación sólo con ciclones no permite, por lo general, la separación de los polvos tan finos como son los de muchos plásticos. Cuando no interesa la recuperación se adoptan, preferentemente, los depuradores húmedos, aunque

también en algun caso éstos pueden presentar algún problema por la incompatibilidad del polvo de plástico con el agua.

En la industria de la goma se presentan problemas similares a los anteriores y también son diversas las soluciones a adoptar. Así, por ejemplo, la aspiración del polvo producido en la preparación de los neumáticos antes del vulcanizado puede hacerse en seco si interesa recuperar el polvo, pero, por el contrario, para aspirar el talco tan profusamente empleado en esta industria y que si bien no es tóxico, resulta particularmente molesto para los operarios, de ahí que, se adopten los separadores en húmedo.

El esmerilado de aleaciones ligeras de aluminio y magnesio producen un polvo de alta inflamabilidad, lo que hace necesario no sólo adoptar un separador en húmedo, sino también canalizaciones especialmente estudiadas para prevenir posibles incendios, fuera ya del separador, provocados por las partículas características de este polvo.

De todo ello se deduce, además, que tanto en la industria de los plásticos como en la goma, y en otros casos, es a veces difícil resolver el problema de la aspiración con una instalación general, siendo preferible instalar separadores individuales en algunos puntos de aspiración, escogiendo entonces el método más apropiado a cada uno de ellos.

### 6.3 La Separación del Polvo en Función de sus Propie des Físico-Químicas.

Como hemos visto anteriormente, de esto se deduce ya a simple vista que la necesidad, intensidad, frecuencia y método de limpieza estarán influenciados principalmente por el volumen y clase del polvo, influencia de las características de las características de los elementos filtrantes y otros factores de menor importancia.

En otras palabras podemos decir que cada industria tiene su problema de separación de polvo diferente y utiliza el equipo que más se adapte a sus necesidades. Por eso, para trabajos específicos ya se tienen elaboradas tablas y planes de trabajo como los especificados en las tablas (IX y X).

Tabla ( X )

Comparación entre los diferentes sistemas de aspiración 157

Clasificación numérica

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 1= Optimo          | 5= Se emplea frecuentemente como separador previo                            |
| 2= Recomendable    | 6= Se emplea frecuentemente como separador complementario para filtro fino   |
| 3= No recomendable | 7= El aire purificado, en muchos casos, puede retornar a la sala de trabajo. |
| 4= No aplicable    |  |

Sistema de Aspiración

Origen del polvo a aspirar	Separadores centrífugos a base de ciclos	Separadores en seco, con mangas de tejido	Separadores en seco, a base de tejidos metálicos y fibras	Separadores en húmedo	Separadores electrostáticos
<b>EN INDUSTRIAS METALURGICAS</b>					
Pulido de hierro y acero	2	2-6-7	3	1-6-7	4
Pulido de aluminio	2	3	3	1-6-7	4
Pulido de latón y cobre	2	2-6-7	3	1-6-7	4
Esmerilado de hierro y acero	1	1-6-7	2-6-7	1-6-7	4
Esmerilado de aluminio	2	3	3	1-6-7	4
Esmerilado de latón y cobre	2-5	1-6-7	3	1-6-7	4
<b>EN FUNDICIONES</b>					
Horno	3	3	3	2	1
Preparación de arenas	2	3	3	1	1
Amolado	2	3	3	1	1
Chorro de arena	2-5	2-6	3	1	1
Limpeza	2-5	1-6-7	2	1-7	1-7
Mesas de desbarbado	2-5	1-6-7	2	1-7	1-7

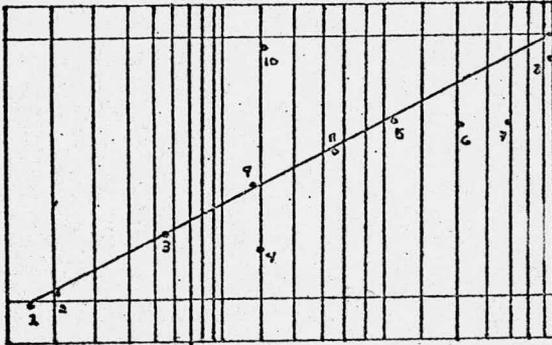
Tabla ( X )

## Sistema de aspiración

Origen del polvo a aspirar	Separado- res centrí- fugos a ba- se de ciclo nes	Separado- res en seco, con mangas de tejido	Separado- res en se- co, a base de tejidos metálicos y fibras	Separado- res en húmedo	Separado- res elec- trostáticos
<b>EXPLOTACION DE MINERALES Y TIE- RRAS DE MINAS</b>					
trituradoras	2	1	3	1	1
cintas y transpor- tadoras	2	1	3	1	1
cadadores	2	1	3	1	1
rnos	2	2	3	1	1
<b>INDUSTRIAS CERAMICAS</b>					
lido, cribado, trans- porte	2-5	1	2-6	1	1
merilado	2-5	1	2-6	1	1
driado, esmerilado r proyección	3	3	3	1-7	1-7
<b>INDUSTRIAS DEL CUERO; PLASTICO COMA, CEREALES HARINERAS</b>					
ledoras y mezcladoras	2-5	1-7	2-6-7	1-7	4
merilado	2-5	1-7	2-6-7	1-7	4
esado	2-5	1-7	2-6-7	1-7	4
<b>INDUSTRIA DE LA MADERA</b>					
ierras, fresadoras epilladoras	1	1-6-7	2-6-7	3	4
ladoras	3	2-7	3	1-7	4
transporte viruta	1	1-6-7	2-6-7	3	4

El tipo de emisión ( en este caso polvo ) determinará la eficiencia de colección; ver la siguiente gráfica:

Costo

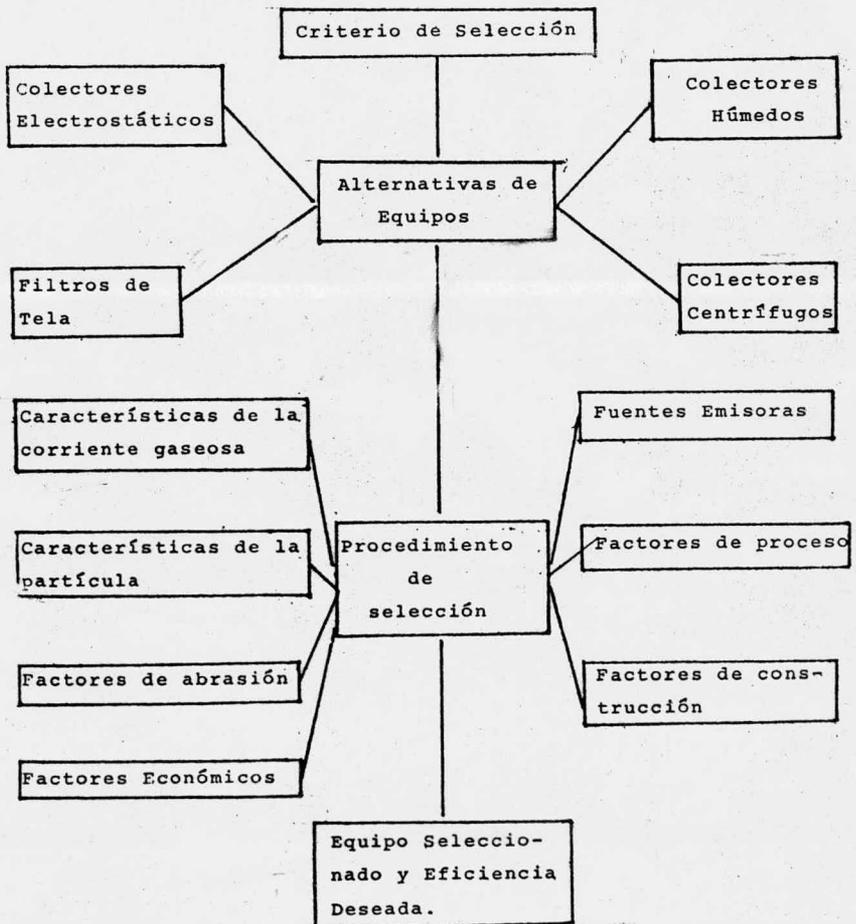


Eficiencia

- 1.- Ciclón media eficiencia
- 2.- Ciclón de alta eficiencia
- 3.- Multiciclón
- 4.- Precipitador electrostático
- 5.- Filtro de tela de chorro
- 6.- Filtro de tela de envoltura
- 7.- Filtro de tela de chorro inverso
- 8.- Ciclón atomizado
- 9.- Lavador dinámico
- 10.- Venturi baja eficiencia
- 11.- Venturi alta eficiencia

En el siguiente diagrama de bloques se puede observar el camino a seguir en la selección de un equipo separador de partículas contaminantes ( polvo en general ).

Las alternativas óptimas para los equipos colectores o separadores se obtienen mediante procedimientos a selección- condicionados a los diferentes factores mencionados en el diagrama.



## 6.6 Aspectos Generales de los Separadores

161

Dentro de las de las características de operación de los separadores o colectores de polvo figuran las siguientes:

Tipo de Separador	AP cms-H <sub>2</sub> O	Velocidad del gas	Espacio requerido
Cámara de Sedimentación	0.5	0.1 a 2	muy grande
Ciclón	1.0 a 7	10 a 20	medio
Multiciclón	5.0 a 15	10 a 20	pequeño
Filtros de tela	5.0 a 15	0.5 a 3	grande
Precipitador Electrostático.	0.5 a 2	0.5 a 4	grande
COLECTORES HUMEDOS			
Torre de atomizado	2.0	1.0 a 1.5	medio
Lavadores Venturi	60.0 a 75	50 a 200	pequeño
Torre con placas	1.0	30	medio
Torre con obstáculos	10.0 a 15	60 a 150	medio
Ciclón de atomizado	5.0 a 15	60	medio
Dinámicos	2.0 a 0	-----	pequeño

Tipo de Separador	Capacidad m <sup>3</sup> /min	Consumo de agua gal/pie <sup>3</sup>	Consumo de energía
Cámara de Sedimentación	----	-----	0.5
Ciclón	----	-----	2.0
Multiciclón	----	-----	3.0
Filtros de tela	----	-----	2.0
Precipitadores			
Electrostáticos	----	-----	baja
COLECTORES HUMEDOS			
Torre de atomizado	2000	18	3
Lavadores Venturi	5 a 4000	5 a 7	2
Torre con placas	----	1	2
Torre con obstáculos	15 a 1200	1/4	3
Ciclón de atomizado	15 a 700	3 a 10	0.1 a 3
Dinámicos	----	0.5 a 1	2 a 4

	Corrosión	Erosión	Humedad	Temperatura °C
Cámara de Sedimentación	no	no	si	sin limite
Ciclón	no	si	si	sin límite
Multiciclón	no	si	si	sin límite
Filtros de tela	no	si	si	limitaciones
Precipitadores				
Electrostáticos	no	no	si	-10 a 400
COLECTORES HUMEDOS				
Torre de atomizado	si	si	no	135 a 1100
Lavadores Venturi	si	si	no	sin límite
Torre con placas	si	si	no	-----
Torre con obstáculos	si	si	no	-----
Ciclón de atomizado	si	si	no	limitaciones
Dinámicos	si	si	no	limitaciones

Tipo del Separador	Costo del Equipo	Costo de mantenimiento	Otros
Cámara de Sedimentación	bajo	bajo	precolector
Ciclón	bajo	bajo	precolector
Multiciclón	medio	bajo	se debe tener flujo uniforme
Filtros de tela	muy alto	bajo	-----
Precipitadores Electrostáticos	muy alto	bajo	-----
COLECTORES HUMEDOS			
Torre de atomizado	alto	medio	-----
Lavadores Venturi	alto	alto	-----
Atomizado autoinducido	alto	medio	maneja Mg Y Explosivos
Torre con placas	medio	alto	no maneja sólidos
Torre con obstáculos	medio	alto	-----
Ciclón de atomizado	alto	medio	-----
Dinámicos	alto	muy alto	-----

## 6.7 Parámetros de Selección

Dentro de los parámetros que deciden la selección de un separador con respecto a otro están los siguientes:

En la corriente gaseosa:

- 1) Volumen
- 2) Temperatura.
- 3) Presión.
- 4) Viscosidad.
- 5) Humedad.
- 6) Combustibilidad
- 7) Combustibilidad.
- 8) Toxicidad.
- 9) Propiedades eléctricas
- 10) Densidad.

Características de la partícula:

- 1) Distribución de tamaños.
- 2) Granulidad.
- 3) Forma de la partícula.

- 4) Propiedades eléctricas.
- 5) Solubilidad.
- 6) Toxicidad.
- 7) Abrasividad.
- 8) Combustibilidad.
- 9) Actividad Química.
- 10) Propiedades de aglomeración.
- 11) Propiedades de flujo.

**Planta:**

- 1) Tipo
- 2) Costo
- 3) Tiempo
- 4) Tamaño
- 5) Tratamiento para el desperdicio.
- 6) Restricciones de espacio.
- 7) Recuperación de productos.
- 8) Disponibilidad de agua.
- 9) Recuperación de calor.

**Factores de operación:**

- 1) Energía.

- 2) Disponibilidad de operación
- 3) Condicionamiento del gas.
- 4) Mantenimiento.

Factores de construcción:

- 1) Terreno
- 2) Condicionamiento de terreno.
- 3) Tipo de construcción.
- 4) Instalación.
- 5) Equipo auxiliar.
- 6) Ingeniería.
- 7) Arranque.
- 8) Materiales de construcción.

Selección de Equipo:

- 1) Tipo.
- 2) Tamaño
- 3) Caída de presión.
- 4) Energía.
- 5) Personal.
- 6) Espacio

7) Eficiencia requerida.

8) Legislaciones.

Factores Económicos:

1) Costo de energía.

2) Deshecho de basuras.

3) Desperdicio utilizable.

4) Costo de personal.

5) Seguros.

6) Capital.

7) Condicionamiento de los gases.

8) Impuestos.

A continuación se expone una lista amplia de las fuentes contaminantes, así como del tipo de contaminante que emiten.

Categoría	Ejemplo	Contaminante
Trituración, Pulverización, Tamizado	Planta o equipo de reducción de tamaño y manipulación de éstos.	Molinos: de cereales, soya, arroz, etc. Industrias dulceras, las que manejan polvos de: tabaco, café, etc. Manejo de almidón, levadura, dextrana de maíz, del algodón y otros.
Desintegración Mecánica	Molinos de martillos, de bolas, etc.	Partículas minerales.
Plantas Metalúrgicas.	Fundidoras	Aleaciones de: $M_2$ / Al, Al/Cu, Ca/Si carbonilo de hierro, hierro reducido con hidrógeno, ferromanganeso ferrotitanio, ferrosilicio, etc.
Minas	Escavaciones	Carbón subbituminoso, lignito, etc.
Plantas Químicas	Refinerías	Pez de alquitrán alquitrán sulfato de sodio, etc.

Categoría	Ejemplo	Contaminante
Plantas Químicas	Fábricas de pulpa	Celulosa, carboximetil celulosa sódica, etc.
	de Plásticos y Resinas	Poliestireno, polietileno, poliacrilato, polyamida, etc. Vinil copolimer resina, resinas de poliéster, resina de polietileno, resinas fenólicas, etc.
	Otras fábricas	Jabón, benzoato de sodio, ácido sulfúrico, azufre, paraaldehido, etc.
	Industrias Farmacéuticas.	Secobarbitato de sodio, vitamina B <sub>2</sub> , proteína de hígado, ácido ascorbico, penicilina, difenil, aspirina, etc.
Industria de la Madera	Manejo y acabado de las superficies	Aserrín y sus derivados.

Categoría	Ejemplo	Contaminante
Acabado de superficies metálicas	Esmerilado , Pulido y Mecanizado	Polvo de: magnesio, aluminio, titanio, manganeso, boro, vanadio, zinc etc.
Fisión Nuclear, re-procesamiento de combustible.	Reactores nucleares , Separaciones químicas.	Uranio, torio, hidruros de uranio, etc.
Productos Agrícolas	Derivados de las actividades de campo.	Semilla de algodón, semillas de trebol, café, alfalfa, piretro, cebolla deshidratada, cocoa, clualgódón, levadura, cáscara de nuez, licopodio, etc.

## 6.9 Límites de explosión de polvos.

Límite mínimo de concentración explosiva. Es la menor cantidad de un polvo combustible en suspensión que, mezclado con un volumen dado de aire, es capaz de explotar.

Límite máximo de concentración explosiva. - Es la mayor cantidad de un polvo combustible que, mezclado con un volumen dado de aire, es capaz de explotar.

Los límites de concentración de los polvos se expresan en peso de éstos por el volumen de aire. - Ver a continuación tablas de datos sobre polvos explosivos más comunes. Tabla (XI)

Tabla ( XI )  
**DATOS SOBRE POLVOS**  
**EXPLOSIVOS MÁS COMUNES**

172

Tipo de polvo	Temp. de ignición °C	Energía necesaria para la ignición, en milijoules	Concentración mínima de explosión (g/m <sup>3</sup> )	Máxima presión de explosión (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad de elevación de la presión (kg/cm <sup>2</sup> /s)		% límite de D <sub>50</sub> para prevenir la explosión por una chispa eléctrica
					Promedio máximo		
<b>METÁLICOS</b>							
Magnesio atomizado	600	120	10	5,5	136	380	3
Magnesio molido	520	40	20	6,5	204	680	
Magnesio estampado	520	20	20	5,5	231	680	
Downmetal	430	80	20	5,9	244	680	
Aluminio estampado	550	10	35	6,9	68	680	
Aluminio atomizado	640	15	40	6,2	238	680	7
Zirconio		5	40	4,5	34,5	8750	
Aluminio molido	550		45	4,9	136	288	
Titanio	330	10	45	5,5	231	680	
Aleación de magnesio y aluminio	535	80	50	6,2	272	680	
Uranio		45	60	3,8	92	248	
Hidruro de uranio		5	60	3,1	197	425	0,5
Hidruro de titanio	440	00	70	6,5	258	68	13
Torio	270	5	75	2,4	105	222	
Hidruro de torio	260	3	80	4,1	143	460	6
Hidruro de zirconio	350	60	85	4,1	163	595	11
Silicio	775	80	100	7,1	136	680	13
Aluminio y cobre	950	100	100	5,5	170	575	
Aleación aluminio y cobre	950	100	100	4,9	5,5	170	
Carbonilo de hierro	320	20	105	3,4	102	475	10
Hierro reducido con hidrógeno	315	80	120	3,1	54,5	119	13
Manganeso	450	80	125	3,4	88,5	186	15
Ferromanganeso 1,4%	450	80	130	3,1	95	288	
Boro 85%	470	60	135	6,2	61	170	
Ferrotitanio (bajo carbono)	370	80	140	3,8	149	645	13
Hojalata	630	160	190	2,4	34	84,5	16
Aleaciones de aluminio-níquel	960	80	190	5,9	177	680	
Hierro electrolítico	320	240	200	3,1	34	680	13
Vanadio	500	60	220	2,4	13,1	22	13
Ferrocilicio (80%)	860	280	400	6,2	102	244	19
Zinc	600	650	480	3,4	40,7	119	10
Aleaciones de calcio y silicio	540	220	600	5,2	27,1	680	

Tabla ( XI )  
 DATOS SOBRE POLVOS  
 EXPLOSIVOS MÁS COMUNES

173

Tipo de polvo	Temp. de ignición °C	Energía necesaria para la ignición, en milijoules	Concentración mínima de explosión (g/m <sup>3</sup> )	Máxima presión de explosión (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad de elevación de la presión (kg/cm <sup>2</sup> /s)		% límite de O <sub>2</sub> para prevenir la explosión por una chispa eléctrica
					Promedio máximo	Máximo	
<b>PLÁSTICOS</b>							
Resinas de cumaroma e indeno	520	10	15	5,9	191	575	14
Poliestireno	490	15	15	6,2	163	475	14
Metacrilato de metilo	440	15	20	6,9	34	119	14
Resina de polietileno	410	30	20	0,5	102	248	13
Goma laca	400	10	20	5,2	95,5	248	14
Butirato de resinas vinílicas	390	10	20	4,1	34	68	14
Acetato de celulosa	320	10	25	7,6	191	460	11
Propionato de celulosa	460	45	25	7,2	109	321	
Resinas fenólicas	460	10	25	5,5	115,5	407	14
Poliacrilolito		20	25	6,2	136	340	
Dimelterataftalato	570	20	30	6,2	211	680	
Metilcelulosa	360	20	30	6,9	129	407	
Polyamida	500	20	30	6,2	122	475	
Goma sintética dura	320	30	30	6,5	74,5	204	5
Resina de alcohol de alilo	500	20	35	7,2	191	680	
Acetato de polivinil resina	520	120	35	5,2	81,5	204	
Cloruro de vinil acrilonitrilo	530	15	35	5,9	115,5	305	
Resina de lignina	450	20	40	5,5	115,5	322	17
Polietileno tereftalato	500	35	40	6,2	109	510	13
Resinas de poliéster con mezcla de fibra de vidrio	440	50	45	5,9	149	407	
Poliéster alcohol resina	460	160	45	4	34	68	
Resina de pino	440		55	5,5	129	510	
Resina de bresa	450	80	70	5,9	54,5	132	17
Vinil copolimer resina	500	60	100	2,8	13,6	34	

Tabla ( XI )

174

**DATOS SOBRE POLVOS  
EXPLOSIVOS MÁS COMUNES**

Tipo de polvo	Temp. de ignición °C	Energía necesaria para la ignición, en milijoules	Concentración mínima de explosión (g/m <sup>3</sup> )	Máxima presión de explosión (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad de elevación de la presión (kg/cm <sup>2</sup> /s)		% límite de O <sub>2</sub> para prevenir la explosión por una chispa eléctrica
					Promedio	Máximo	
<b>PRODUCTOS AGRICOLAS</b>							
Almidón de maíz	380	30	40	7,6	149	460	
Dextrana de maíz	400	40	40	7,2	95,5	271	
Residuo furfurílico	440	40	40	7,2	95,5	271	
Semilla de guar	500	60	40	7,2	95	322	
Cocoa	220	100	45	4,3	37,1	81,5	
Almidón de papa	440	25	45	6,5	156	545	
Arroz	440	40	45	6,5	68	186	
Celulalgodón	440	60	50	6,9	143	407	
<i>Peadehydrated</i>	560	40	50	6,9	143	407	
Harina de trigo	380	50	50	6,5	81,5	255	
Levadura	520	50	50	7,2	68	170	
Licopodio	480	40	25	5,9	156	475	13
Corcobmeal	400	60	30	8,4	81,5	255	
Cáscara de nuez	420	50	30	7,2	129	271	
Frijol de soya	520	50	35	6,9	81,5	222	15
Azúcar	350	30	35	6,2	109	340	
Ciannamon	140	40	40	8	95	271	
Semilla de algodón	470	80	55	6,2	54,4	170	
Polvo de grano	430	30	55	6,5	68	189	
<i>Citrus pelhidrated</i>	490	45	00	6,9	81,5	204	
Semillas de trébol	470	80	60	4,1	27,1	68	
Polvo de tabaco			68				
Polvo de trigo	470	50	70	7,2	102	238	
<i>Tung</i>	440	240	70	7,6	95	238	
Pectin	420	35	75	7,6	122	8 000	
Café	410	160	85	3,4	10,2	17	
Alfalfa	460	320	10	4,5	34	68	
Piretro	480	80	100	5,5	40,7	102	
Cebolla deshidratada	410		130	4,1	27,1	85	

Tabla ( XI )

DATOS SOBRE POLVOS  
EXPLOSIVOS MÁS COMUNES

175

Tipo de polvo	Temp. de ignición °C	Energía necesaria para la ignición, en milifoules	Concentración mínima de explosión (g/m <sup>3</sup> )	Máxima presión de explosión (kg/cm <sup>2</sup> )	Velocidad de elevación de la presión (kg/cm <sup>2</sup> /s)		*1 límite de O <sub>2</sub> para prevenir la explosión por una chispa eléctrica
					Promedio	Máximo	
<b>MISCELÁNEA</b>							
Caucho crudo duro	350	50	25	5,5	81,5	258	2
Acido ascórbico	470	15	25	6,2	204	680	
Pentaeritol	450	10	30	6,2	11,5	645	14
Acido aldípico	550	70	35	5,2	1 200	186	
Corcho	470	45	35	6,9	81,5	374	
Difenil	650	60	35	3,8	27,1	102	
Pez de alquitrán	710	20	35	6,5	129	407	
Azufre	190	15	35	5,5	115,5	322	11
Aspirina	660	25	35	5,9	136	680	
Lacto albúmina	570	50	40	6,2	61	186	13
Paraformaldehído	410	20	40	6,9	170	680	
Estearato de aluminio	400	15	15	6,5	815	322	
Diazoaminobenzina	550	20	15	6,2	197	680	
Exametilnotetramina	410	10	15	6,9	163	680	
Anhdrido ftálico	650	15	15	4,9	88,5	288	
Fenotiazina	540	15	15	5,5	95	288	
Gilzonita	560	25	20	6,2	81,5	255	
Napalm	450	40	20	5,9	68	204	
Dinitro ortocresol	440	80	25	5,2	102	545	
Penicilina precaina	450	1	25	3,4	68	136	
Aserrín	430	20	40	7,1	109	374	17
Cascina de cuajo	520	60	45	4,5	34	68	17
Carbón subitominoso	455	60	45	6,5	81,5	204	
Lignito	440	60	45	6,2	54,5	154	
Proteína de hígado	420	45	45	5,5	54,5	154	
Musgo de pantano	460	50	45	5,9	61	154	
Jabón	430	60	45	5,9	40,7	118	
Celulosa	480	80	55	6,9	74,5	186	13
Carbón de alta volatilidad	610	60	55	5,9	54,5	154	16
Benzoato de sodio	560	80	55	5,9	122	680	
Acetato de berilio	620	100	80	5,5	40,7	136	17
Secobarbitato de sodio	520	95	105	3,8	17	34	2
Vitamina B <sub>1</sub>	500	80	105	5,5	68	154	
Carbón de media volatilidad	605	120	120	4,1	22	40,7	18
Alquitrán sulfato de sodio	540		130	5,2	27,1	85	
Carboximetil celulosa sódica	350	560	150	4,1	22,4	40,7	
Calcio lignina				5,5			
Acido sulfúrico	590	100	160	55,5	40,7	136	

5,5

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

## C O N C L U S I O N E S

Este estudio se presentó con la finalidad de lograr una vez más, una visión del enorme peligro que representan día a día los fenómenos de contaminación ambiental. En este caso la contaminación causada por emisiones de polvo inflamable; la cual tratada con un enfoque desde un punto de vista de Seguridad Industrial.

El presente escrito es contentivo de una serie de conceptos, definiciones, datos y tablas compilados con el propósito de auxiliar al personal proyectista de establecimientos y ampliación de industrias. Ya que, una de las labores del ingeniero, en el campo de la Seguridad Industrial, es estudiar el ambiente del lugar de trabajo, para determinar la relación existente entre éste y la salud del trabajador.

El problema del polvo es uno de los más importantes para la Seguridad e Higiene Industrial, debido a que muchos polvos si bien no causan problemas a la maquinaria, equipos y edificio ponen en peligro la vida de los trabajadores, ya sea por las enfermedades ocupacionales como las del tipo pulmonar o bien por los riesgos de explosión que éste implica.

Además de los medios de prevención adecuados, debe contarse y establecerse las normas de higie

ne y seguridad personal que complementen la acción preventiva, es decir que, aparte de estimar que las medidas de prevención generales son la base de la seguridad para evitar los riesgos propios de la industria polvosa, debe procurarse el proteger al individuo con equipo y ropa adecuados, así como, con la educación conveniente para hacer eficaces las medidas generales como las individuales.

Los trabajadores deberán recibir información en forma sencilla de, los peligros a que están expuestos al realizar operaciones polvosas para que, puedan comprender que ninguna medida, que se tome está demás para protegerles la vida y salud, y de esta forma lograr de ellos la cooperación necesaria, para la disminución de los riesgos ocupacionales.

Una de las mejores maneras de controlar las emisiones de polvo es el de atacar al contaminante en el origen evitando así su dispersión en el ambiente laboral y, retenerlo en el sistema de separación para su posterior eliminación sin contaminar a la atmósfera general.

Ahora bien, quizá ustedes se pregunten hasta qué concentración se considera necesario el abatir el contaminante en la fuente en tratamiento.

Teóricamente de ser posible, a cero; sin embargo, la práctica enseña que el nulificar la concentración total del contaminante es antieconómico y-

no funcional; en consecuencia se pretende disminuir el valor del agente a una concentración por debajo de aquella que se considera no capaz de producir alteraciones a la maquinaria, equipo, edificio y los trabajadores expuestos.

También es indudable que para una buena selección del equipo se deberá tomar en consideración el costo del control de la emisión de polvo. Dentro de este punto se deberán incluir los estudios de ingeniería necesarios, terreno, equipo auxiliar, estructura, soporte, instalación y arranque del sistema. En los costos de operación se pueden mencionar el consumo de agua, potencia, materiales, acondicionamiento del gas, mano de obra, impuestos, seguros, amortización de la inversión y aprovechamiento del material colectado.

Como se observará, resulta sumamente benéfico determinar sobre bases técnicas seguras, las condiciones en que debe operar el separador o colector, pues así, se logra optimizar la inversión, costo de operación y eficiencia.

La inversión que representa la instalación de los equipos, así como el cumplimiento de las medidas de prevención es recuperable en un plazo, generalmente breve si se considera el costo que la imprevisión representa.

Es muy importante el establecer un departa-

mento dentro de la Sub-Secretaría del Mejoramiento -  
del Ambiente dedicado exclusivamente al estudio del -  
polvo industrial, donde se lleven estadísticas de los -  
problemas, accidentes y enfermedades originados por -  
el polvo. Además que se lleve un control de las in -  
dustrias existentes en el país, para tener sobre e -  
llos una vigilancia más estricta en sus equipos de -  
control del polvo.

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

- 1.- Foust, Wenzel y otros., Principal Unit Operation. Ed. Willey, 1960.
- 2.- Mc Cabe and Smith., Unit Operation of Chemical. - Engineering, Mc Graw Hill, 1968.
- 3.- Perry, John., Chemical Engineering Hand Book. - 4th edition. Mc Graw Hill.
- 4.- Memorias de la I Reunión Nacional Sobre Problemas de Contaminación Ambiental. Tomos I y II, México. 1973.
- 5.- J.J Bloomfield., Introducción a la Higiene Industrial. Editorial Reverté, S.A.
- 6.- American Industrial Hygiene Association, Air -- Pollution Manual.
- 7.- Equipo de Procesos, S.A. Mikropul-Formel y Pulverizin Machinery.
- 8.- Reprinted of Air Engineering All About Cyclone - Collectors, Knowlton J. Kaplan.
- 9.- Chemical Engineering Deskbook issue, Controlling-- Fine particles, June 18, 1973.
- 10.-Forbes J.J, Review of Literature on Dust, United-- States Department of the Interior of Mines Washing ton, 1950.

- 11.- Cadle, R.D., Particle Size Determination. Inter-  
science, New York, 1959.
- 12.- Particle size analysis, Bolletin No. G402 R —  
Western Precipitation Co., Calif.
- 13.- Whatz'New Unicate Filter Collector. Chem. Eng. —  
PROG. Vol. 63 No. 9 P. 107, 1967.
- 14.- Predicting Efficiency of Fine Particles Collec-  
tors. Chem. Eng. Abril, 16, 1973.
- 15.- Códigos de Seguridad de Normas Norteamericana. —  
Obtenibles de la Asociación Norteamericana de —  
Normas (American Standards Association, 70 East-  
45th Street, New York, 17, N. Y) Manual serie —  
"F" de la Guía para Instructores de Seguridad —  
Industrial, Ed. Herrero, S.A.

## FUENTES DE MATERIAL.

- 1.- American Insurance Association, John Street, Nueva Yor, . N.Y. 10038.
- 2.- Factory Insurance Association, 85 Woodland Street, Hartford, Conn.
- 3.- Federation of Mutual Fire Insurance Companies, 20 N. Wacker Drive, Chicago, Ill.
- 4.- Federal Fire Council c/o General Services Administration 19th and F Streets, NW., Washington, - D.C.
- 5.- National Education Association, 1201 16th Street, NW., Washington, D.C.
- 6.- National Safety Council, 425 N Michigan Avenue, - Chicago.
- 7.- U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Standads, 400 First Street, NW., Washington, D.C. 20210.
- 8.- "Dust Explosions." NEPA Quaterly, Vol. 50, No. 3- (enero de 1958).
- 9.- Fire Safety in the Small Industrial Plant. The - Industrial Comission of Ohio, Division of Safety- and Hygiene, 1957.