

(ii) mejorar las condiciones de operación

*instalación de unidades de denitrificación del gas de la chimenera (remoción de NO<sub>x</sub>)*

#### 4.5 Colectores de polvo

El proceso de separación de partículas sólidas en un gas se le llama 'recolección de polvo'. El dispositivo para la recolección de polvo se le llama 'colector de polvo' colector de polvo puede separar no sólo partículas sólidas sino también humos partículas líquidas o vapores.

##### *Características del polvo*

###### i) tipo

El polvo incluye hollín, partículas de suelo, cemento pulverizado, sales marinas, hierro en polvo, etc. Nieblas o vapores y aerosoles también se incluyen. La Figura 9 muestra el proceso del cemento portland.

El polvo se clasifica en (i) el polvo generado por procesos mecánicos como trituración de piezas, tamizado, (ii) el polvo proveniente de la combustión (humo), y (iii) el polvo del proceso de soldadura, sinterización, fundición, etc., a través de los cuales los sólidos se evaporan y luego se condensan (vapor/gas).

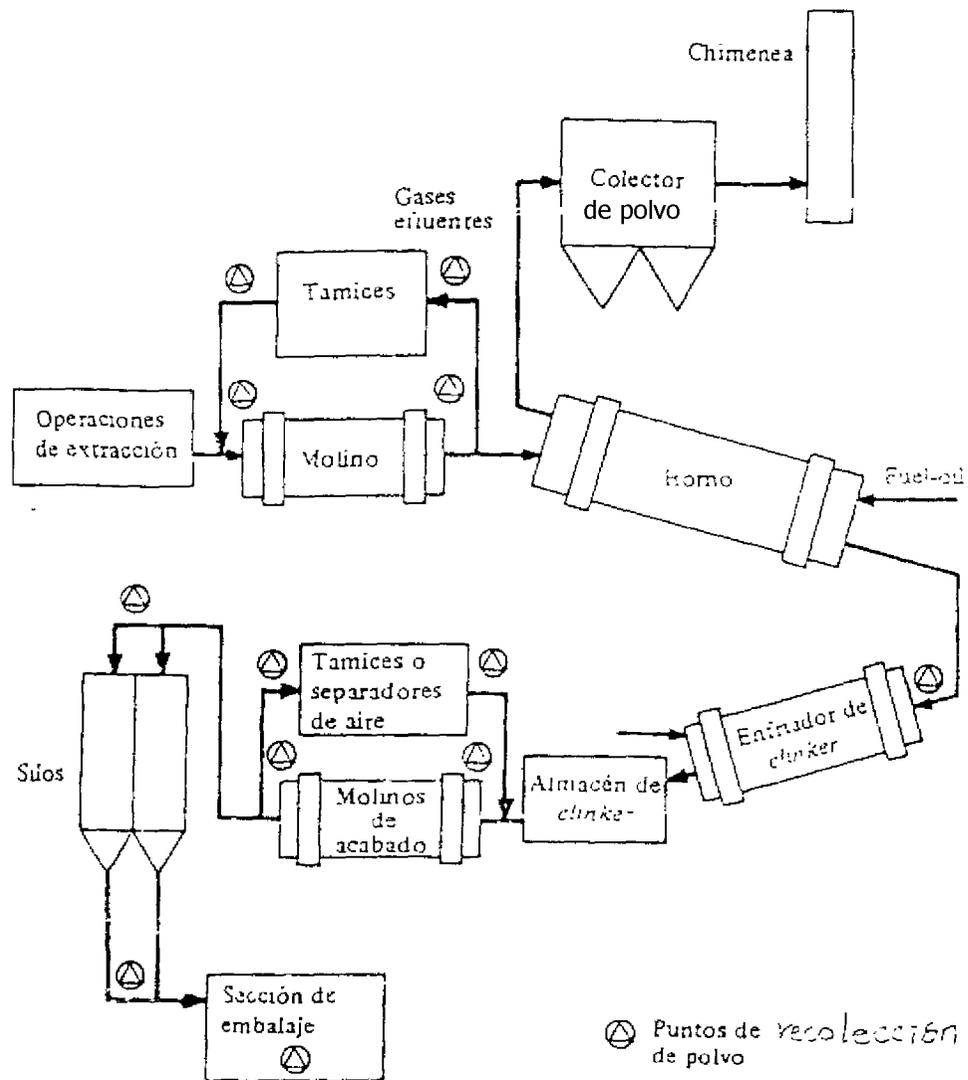
###### ii) tamaño de partículas

El tamaño de partículas de polvo varía principalmente desde 0.01 µm (humo/carbón negro) hasta 100 µm (arena de sílice), a pesar que incluye partículas más pequeñas o más grandes que esos tamaños. Ver Figura 10.

##### *distribución acumulada*

Generalmente las partículas de polvo tienen varios tamaños. Esta variedad de tamaños de polvo se expresa por su distribución acumulada, el cual es la relación del

Fig 9 Proceso de cemento



Descripción del proceso es en 26.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO de "Técnicas de Defensa del Medio Ambiente".



número o el peso de partículas que quedan en cierto tamaño de tamiz a partir del peso o cantidad total de la muestra. El tamaño promedio de toda la distribución, es decir el tamaño promedio del polvo, se le llama "*diámetro promedio de partículas*". Ver Figura 11.

### iii) concentración de polvos

La concentración de polvos recolectados en la industria varía de  $10 \text{ mg/m}^3$  a  $100 \text{ mg/m}^3$ . Cuando la concentración es menor algunos mg (miligramo), a este proceso se le llama limpieza por aire y el dispositivo utilizado para ello se le llama filtro de aire.

#### 4.5.1. Características de colectores de polvos

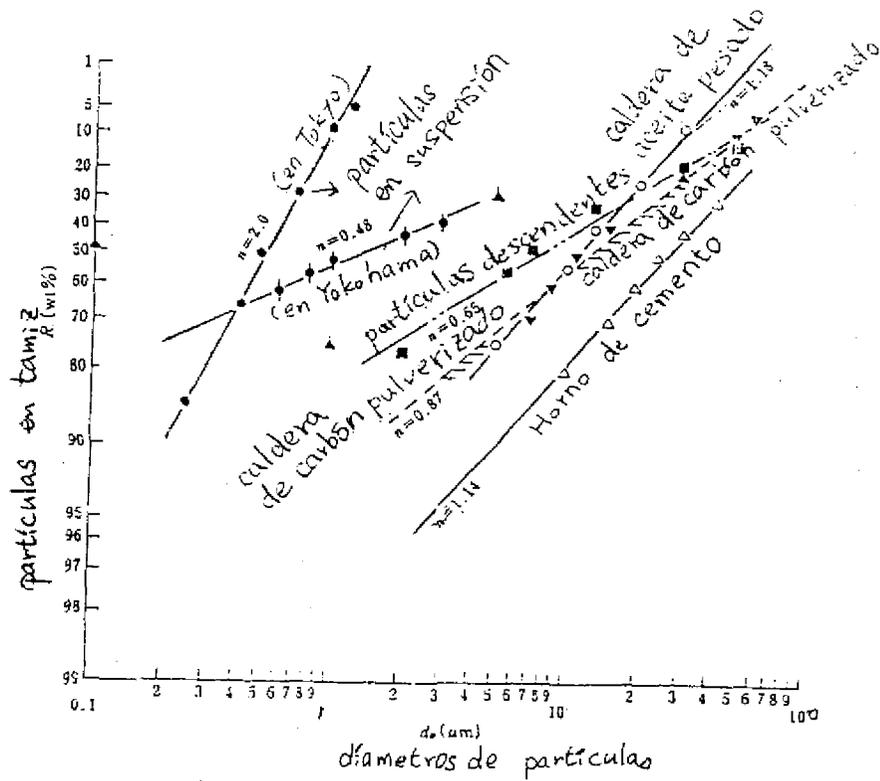
Estos se expresan en términos de eficiencia de recolección, concentración de polvo en la salida y/o caída de presión, etc.

##### tipos de colectores

	equipos de separación por	tipo	tamaño aplicable de partículas ( $\mu$ )	caída de presión (mm H <sub>2</sub> O)	eficiencia (%)	velocidad básica
1	gravedad	cámara de sedimentación	> 50 $\mu$	10 - 20	40 - 60	1 - 2
2	inercia	cámara de persiana	> 10 - decenas $\mu$	30 - 70	50 - 70	dies +
3	fuerza centrifugal	ciclón	algunos $\mu$	100 - 200	85 - 95	10 - 25
4	lavado	Venturi	0.1 - 1.5 $\mu$	300 - 800	80 - 90	60 - 90
		pulverización		10 - 50		1 - 2
5	filtración	filtro de tela	> 0.1 $\mu$	100 - 200	90 - 99	0.03 - 0.05
6	fuerzas electrostáticas	precipitador de Cottrel	> 0.1 $\mu$	10 - 20	80 - 99.9	0.2 - 5 (seco) 1 - 3 (humedo)

\* velocidad básica : la velocidad del gas recomendada para cada recolector

Fig. 11 : Distribución acumulada



### (1) cámara de sedimentación (separación por gravedad)

Las partículas en un gas son separadas por asentamiento natural, esto es por gravedad. Estos equipos consisten de una cámara de grandes dimensiones, en la que al entrar en la corriente gaseosa, pierde velocidad, permitiendo la sedimentación de partículas de mayor tamaño. Con el fin de reducir el recorrido de estas partículas, se suele colocar una serie de superficies a modo de estantes que logran aumentar la eficacia de separación, aunque dificultan la limpieza. Un ejemplo de este equipo es la cámara de polvo de Howard. Ver Figura 12.

A pesar que la eficiencia de remoción no es suficiente, la cámara de asentamiento es ampliamente usada por su bajo costo y estructura simple.

### (2) separación por inercia

Estos aparatos funcionan imprimiendo un cambio brusco a la dirección de la corriente gaseosa, lo que determina la separación de las partículas debido principalmente, a su inercia, aunque también intervienen otros fenómenos coadyuvantes.

Estos separadores tienen una forma geométrica similar a la de la cámara de sedimentación, aunque con diversas modificaciones que mejoran su rendimiento. Las cámaras de desviación, obligan a que la corriente gaseosa efectúe un cambio de dirección para poder rodear un obstáculo situado estratégicamente. Como las partículas mayores tienden a conservar su dirección, chocan contra él, perdiendo velocidad y se depositan en una tolva con lo que se elimina el flujo gaseoso. Las cámaras de persianas poseen en su interior un sistema de placas que forman una especie de persiana con pequeños intersticios. Al chocar contra las placas, las partículas pierden velocidad y acaban depositándose, mientras que el gas escapa por los intersticios. Ver Figura 13

### (3) separación de fuerza centrífuga

Los aparatos basados en este mecanismo reciben el nombre genérico de ciclones (Figura 14), existiendo numerosas variantes

Fig. 12 Cámara de sedimentación

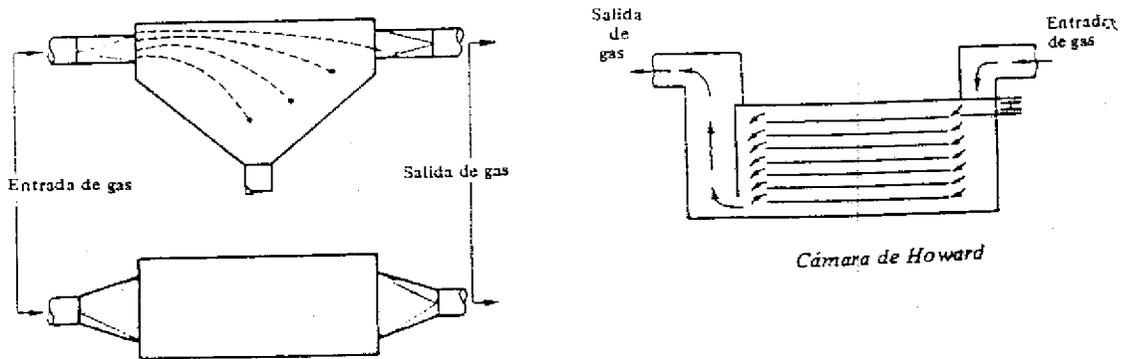
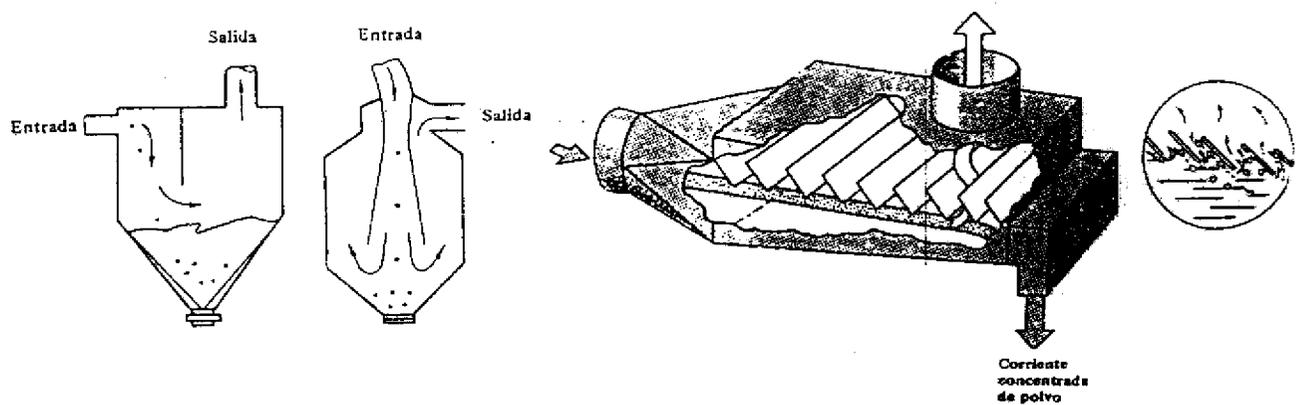


Fig. 13 Separación por inercia



El ciclón es, en esencia, un artefacto mecánico que obliga a la corriente gaseosa a describir una trayectoria helicoidal. La fuerza centrífuga generada impulsa a las partículas contra la pared del aparato, a lo largo del tramo en que se deslizan, para caer en una tolva situada en la parte inferior del mismo, donde se recogen y separan de la corriente gaseosa.

Estos aparatos pueden emplearse en paralelo mediante el empleo de modelos de tamaño muy reducido, en un bloque único, que recibe el nombre de multiciclón

Cuando el número de ciclones en paralelo es muy elevado, la cámara para entrada de aire, la tolva y la salida de aire son comunes y pueden simultáneamente realizar la disposición en serie y en paralelo, con lo que se consigue una buena combinación de efectos

#### (4) separación por lavado

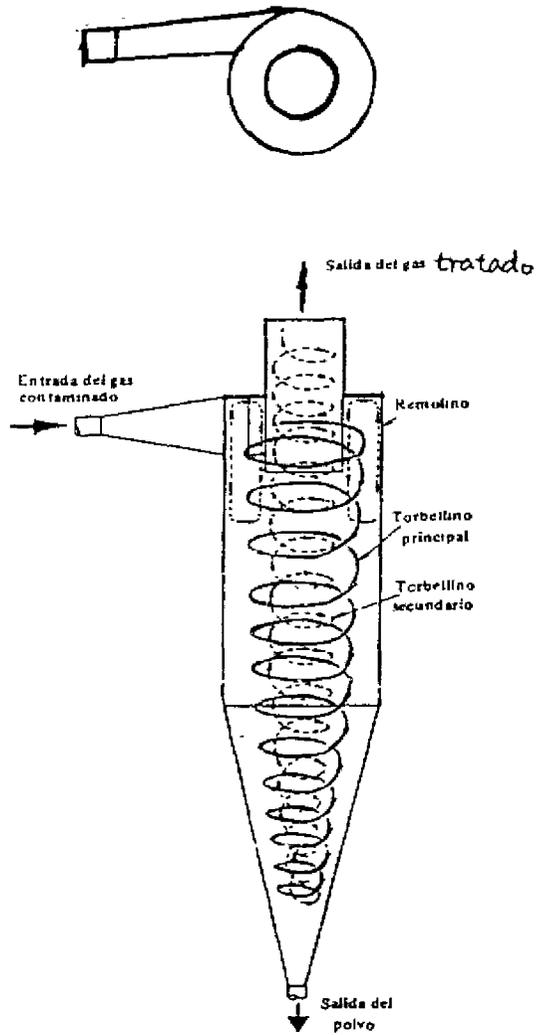
Estos equipos están basados en un mecanismo de impactación directa, en el que el medio separador está formado por gotas de líquido cuya función es solamente mecánica

i) la colisión de las partículas con el medio líquido puede efectuarse de diversos modos. Uno de los más extendidos es el de tipo *Venturi* (Figura 15). La corriente gaseosa atraviesa una garganta de sección mínima donde se le somete a una lluvia finalmente pulverizada y de progresión horizontal.

ii) en los lavadores atomizador (o *spray*) las partículas se someten a la pulverización líquida, en contracorriente con el gas, separándose así de la corriente gaseosa.

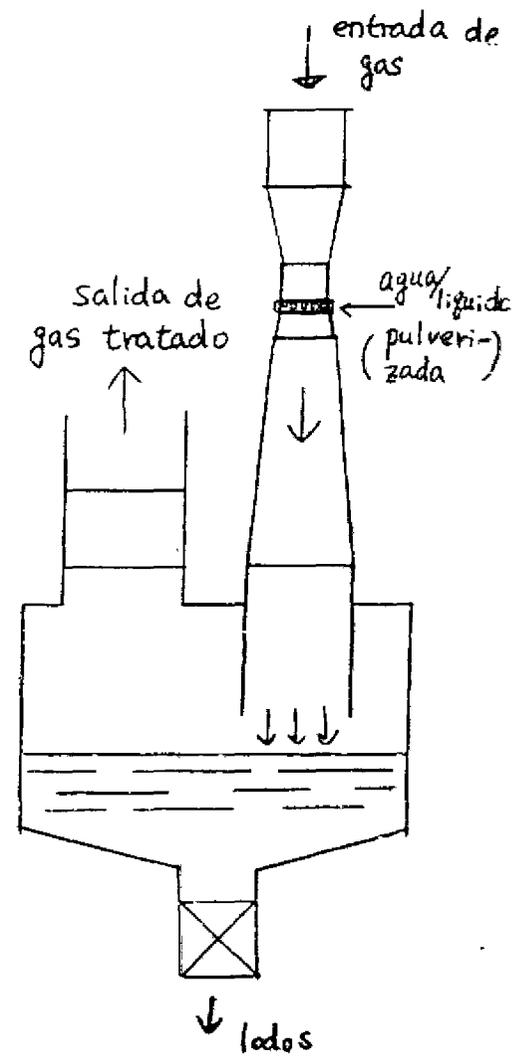
iii) en los lavadores de placas o choque, las partículas de polvo, después de recibir la lluvia de líquido, chocan contra placas deflectoras y se recogen en álabes separadores.

Fig.14: Separación por fuente centrifugo



ciclón

Fig.15 : Separación por lavad



Venturi

iv) los lavadores de relleno ofrecen una extensa superficie de choque a las partículas. En este tipo de aparatos el relleno puede ser fijo o flotante.

Los rasgos característicos de la separación por vía húmeda son los siguientes:

- el efluente gaseoso final se encuentra a baja temperatura por motivo del fuerte enfriamiento experimentado
- el sólido separado está mezclado con gotas líquidas formando una especie de papilla
- el volumen ocupado por el equipo no suele ser muy grande
- las necesidades de líquido y las pérdidas de carga suelen ser considerables.

#### (5) filtro separador de polvo

Los filtros están basados también en un mecanismo de impactación directa en el que el medio separador está constituido por tejidos muy diversos. La corriente gaseosa pasa a través del tejido, donde las partículas de tamaño superior al de los intersticios quedan retenidas.

La filtración puede utilizarse en el caso de partículas de tamaño muy pequeño, con rendimientos muy elevados. Como el producto recuperado está exento de agua, puede reutilizarse con facilidad. El medio filtrante puede estar dispuesto en forma cilíndrica (filtros de mangas o de bolsas). La separación del polvo retenido por el medio filtrante puede reutilizarse de varias formas; sacudiendo las mangas mediante flujo inverso, ondas sonoras, etc. Ver Figura 16.

#### (6) precipitador electrónico

A las partículas en el gas les es dada una carga eléctrica y son reunidas en el cátodo o ánodo y posteriormente separadas.

Fig 16 Separación por filtración

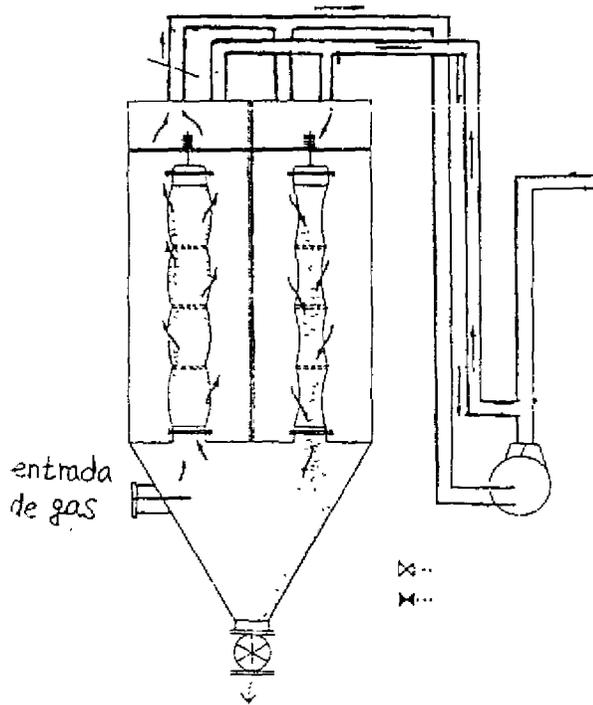
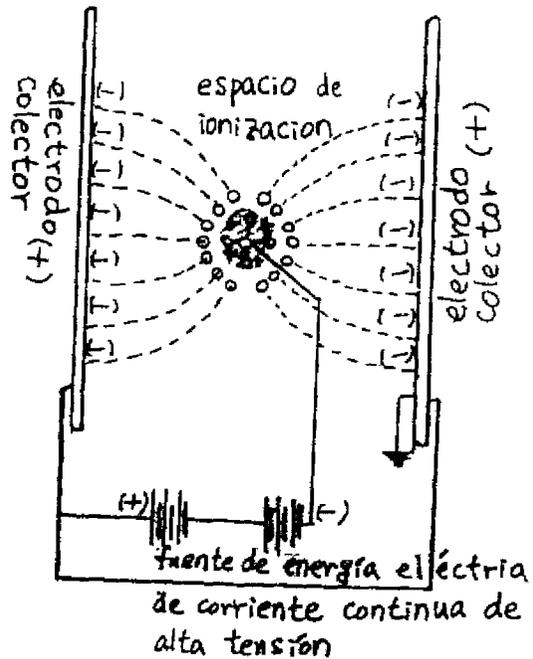


Fig 17 Precipitador electrónico



Los depuradores basados en fuerzas electrostáticas son muy útiles en aquellos casos en que el tamaño de partículas es muy pequeño y se necesitan rendimientos de depuración muy elevados.

De acuerdo con el sistema de eliminación de las partículas recogidas, estos aparatos suelen clasificarse en depuradores secos o húmedos. En los primeros, las partículas se separan de los electrodos, al golpear estos con martillos o vibradores. En los segundos, las placas colectoras se riegan de tal forma que el líquido arrastre a los contaminantes depositados. Ver Figura 17.

#### 4.5.2. Campanas de humo, ductos y ventiladores

Para tratar gases contaminados económica o eficientemente, se necesita coleccionar el gas contaminado en su condición concentrado, esto es, antes que el gas se disperse, remover los contaminantes o eliminar los gases tóxicos. Un ducto y ventilador son usados para este propósito.

##### (1) Campana de humos/gases

i) succión directa del ducto fuente. Generalmente la cantidad de gas/humo tratado es menor que dos veces la cantidad de humo/gas generado.

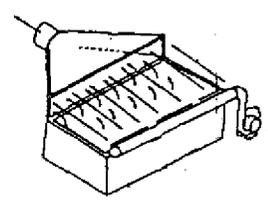
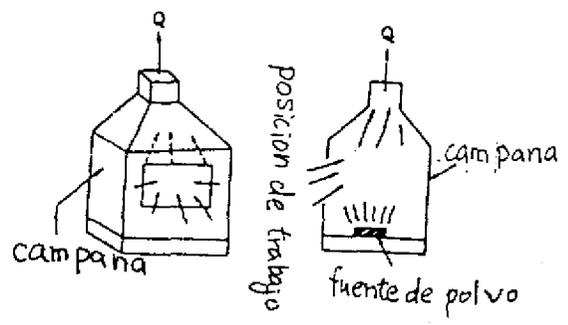
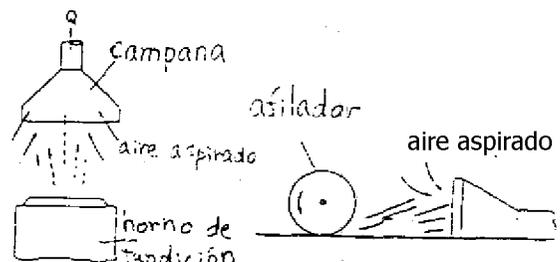
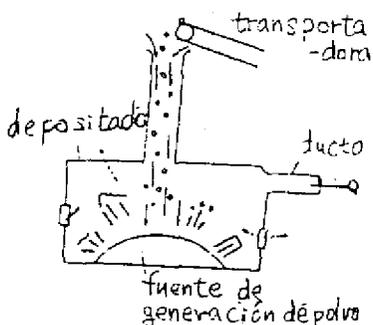
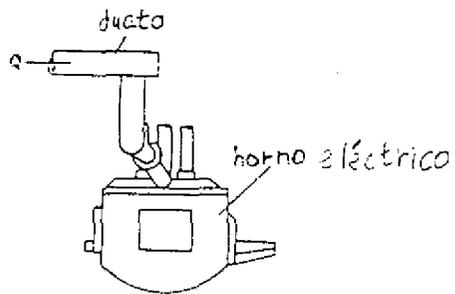
ii) cuando la succión no es posible directamente de la fuente, colecciona el gas/humo mediante campanas, y trátelo. Generalmente la cantidad de gas/humo tratado es más que 10 veces la cantidad de gas/humo generado. Ver Figura 18.

##### (2) Ducto de ventilación

Generalmente la velocidad del gas que pasa a través del ducto es de alrededor de 10 m/s. El gas/humo que contiene polvo pesado como el metal tiene la mayor velocidad, 20 m/s, por lo que tales polvos no se asientan en el ducto.

##### (3) Ventilador (*blower* y *fan*)

Fig.18: Campanas — variación de la aspiración.



*Blower* o *fan* aplica presión sobre el gas/humo y los envía fuera a través del ducto.

Dependiendo de la cantidad de presión aplicada, estos mecanismos se definen así: si la presión es  $<1 \text{ m H}_2\text{O}$ , se llama *fan* o ventiladora. Si la presión es entre 1 y  $10 \text{ m H}_2\text{O}$ , se llama *blower*.

#### 4.5.3. Métodos de control de polvo, además de los colectores de polvo

i) controlando el polvo en los sitios de depósito.

a: cuando éste ha sido apilado al exterior

- asperjando agua sobre el apilado
- fumigar o rociar con químicos
- solidificando la superficie con niveladora
- cubriendo el apilado
- apilamiento bajo techo
- instalar el pared

b: cuando éste se transporta y apila

- rociar con agua sobre el material antes de moverlo
- mantenga una diferencia mínima en elevación
- instalar la campana de polvo

ii) transportador de correa

- instalar campana de polvo
- rociar con agua
- cubrir
- instalar transportadores bajo techo

- campana parcialmente para controlar el polvo

#### iv) tamizado

- instalar máquina bajo techo
- campana para controlar el polvo
- rociar agua

### 4.6. Tratamiento de gases tóxicos

Los gases tóxicos son tratados mediante el proceso de absorción, adsorción, combustión directa, o contacto-oxidación, etc. A continuación se describen la absorción y adsorción

#### 4.6.1. Absorción

La absorción es el proceso de transferencia de componentes específicos de una fase gaseosa a otra líquida. El proceso se basa en la solubilidad de un componente de la mezcla gaseosa en el líquido absorbente. Las características del proceso de absorción son:

barato

simultáneamente puede coleccionar polvo o enfriar el gas, etc.

es difícil alcanzar el 100% de eficiencia de remoción

puede ser necesaria una instalación de tratamiento de agua

Se pueden distinguir dos tipos de absorción; física y química. En la absorción física, el contaminante que se transfiere de la fase gaseosa a la líquida no reacciona con el líquido absorbente, sino que se limita a disolverse con él. En la absorción química, el contaminante en objeto se disuelve y reacciona con el absorbente para formar uno o más productos químicos. Por ejemplo, el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) puede absorberse en una

corriente de agua sin que exista reacción química alguna; se trata de un proceso de absorción física. Sin embargo, el  $\text{CO}_2$  puede absorberse en una solución de carbonato potásico. Se trata de un proceso de absorción química.

Hay una variedad de aparatos que aplican el proceso de absorción. Se describen dos de ellos. Ver Figura 19.

#### (1) torre de empaquetado

Los materiales cuyas áreas de superficie son grandes, son empaquetados en una torre, en la cual la solución fluye hacia abajo y contacta con el gas contaminado que fluye en dirección contraria. En tanto que la estructura es simple y la pérdida de presión es pequeña, etc., esta es ampliamente usada.

#### (2) torre pulverización

Rocía una suficiente cantidad de gotas muy finas de la solución de las boquillas hacia el gas. Este dispositivo es también ampliamente usado por su estructura simple, baja pérdida de presión\*, etc.

\*pérdida de presión, la caída de presión debido a la fricción cuando el gas fluye a través del sistema

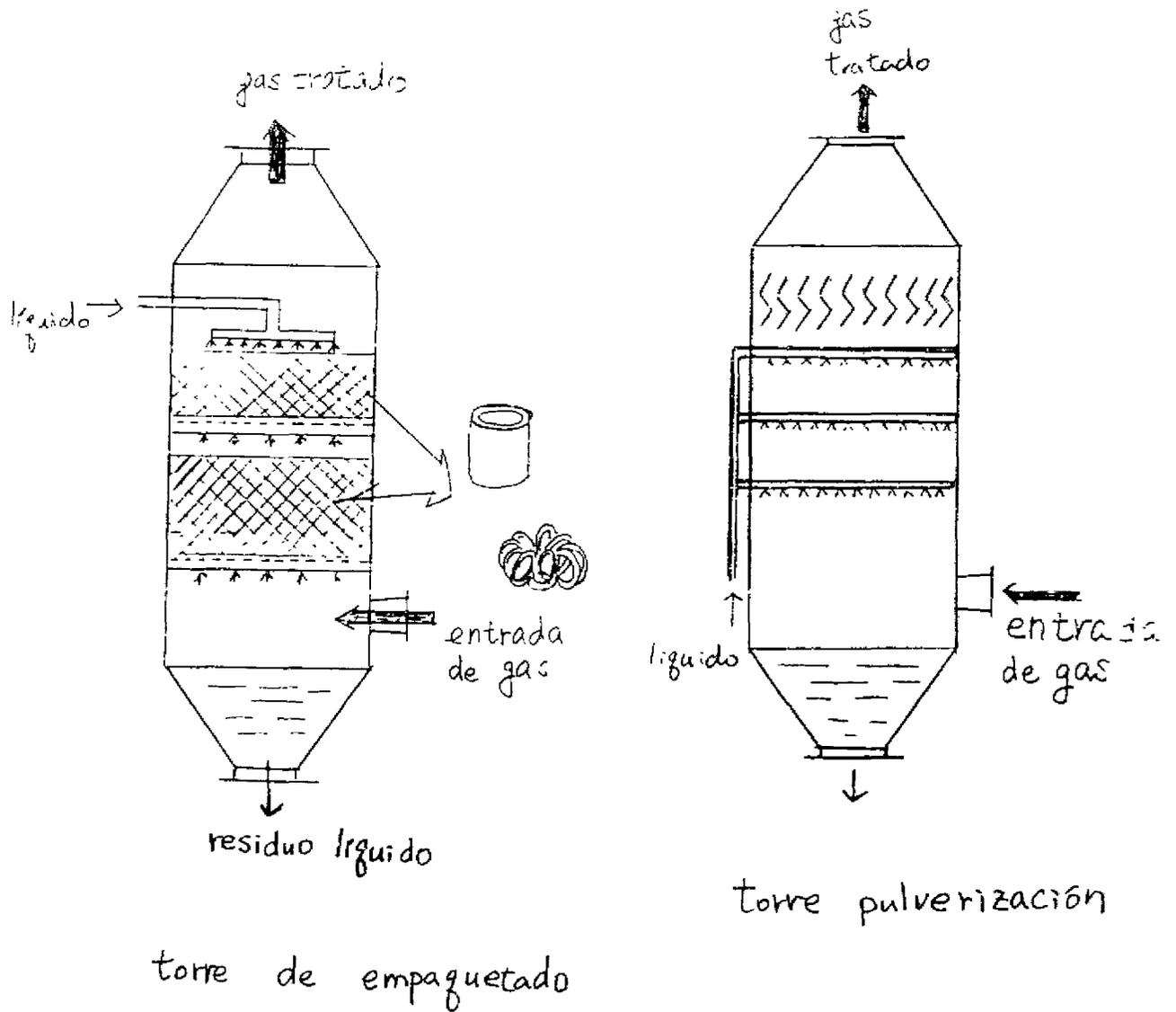
### 4.6.2. Adsorción

La adsorción es el proceso de transferencia de componentes específicos desde una fase gaseosa a una sólida. Cuando el proceso se basa en la fuerza de atracción existente entre la superficie del sólido y los componentes que se adsorben, la adsorción se llama física.

Al sólido que tiene la propiedad de adsorber otros componentes se le llama *adsorbente* y al componente adsorbido, *adsorbido*.

#### (1) Características del proceso

Fig 19: Absorción



- puede corresponder a la fluctuación de concentración del gas que está siendo tratado
- puede alcanzar casi el 100% de eficiencia de remoción
- la operación es fácil de manejar y la estructura es simple
- el pre-tratamiento es necesario si el gas contiene polvo o niebla.

## (2) Tipo de equipo

A pesar que existen las camas fijas, móviles y fluidificados, *las camas fijas* son las más comunes (Figura 20). En el diseño de los sistemas de adsorción se tiene que especificar los conceptos siguientes:

- tipo de adsorbente
- capacidad de adsorción
- dimensiones de los equipos
- control de la operación

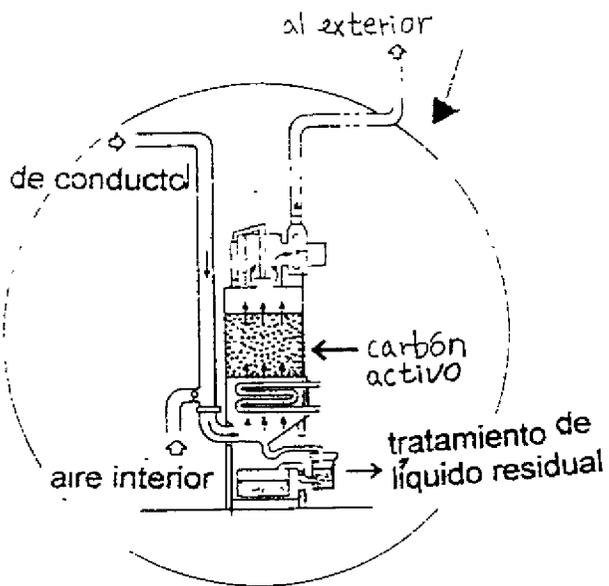
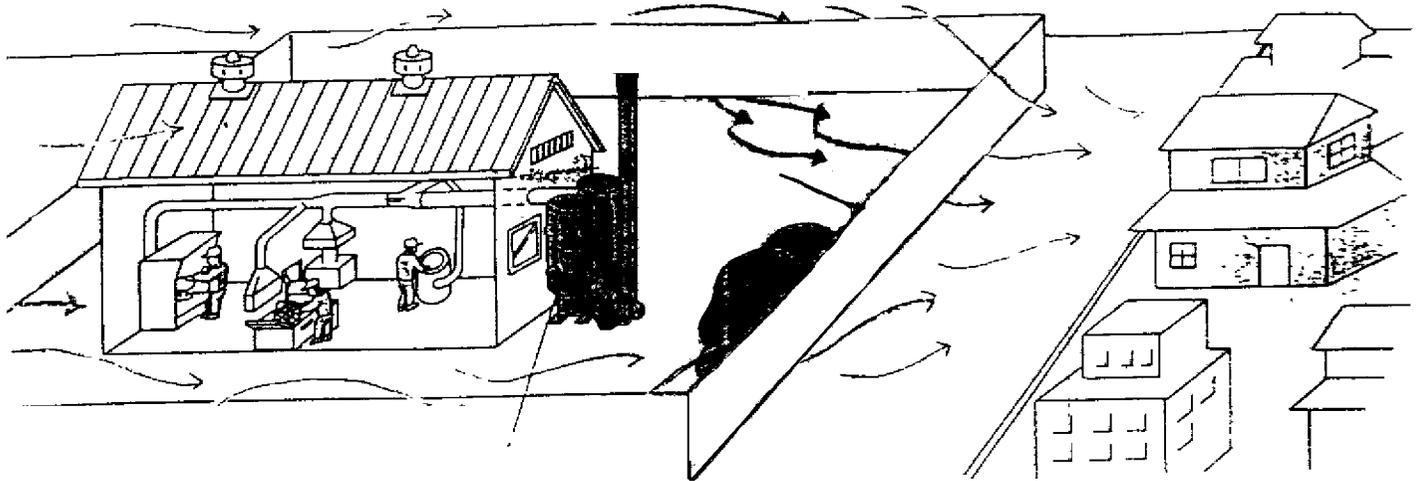
## (3) Adsorbente

- carbones activos
- geles de alúmina
- zeolitas sintéticas

Los criterios de selección de los lechos adsorbentes son:

- costo
- capacidad de adsorción
- estabilidad mecánica

Fig.20. Sistema de colectores de gases y tratamiento por adsorción



## 5 Olor Ofensivo

### 5.1 ¿Qué es el olor?

Nosotros podemos olfatear una variedad de olores a nuestro alrededor. Se considera que hay cientos y miles de materiales que producen olores. Entre ellos están los olores agradables como las flores. Por el contrario, hay malos olores como el olor de la orina de animales domésticos y olores putrefactos de alimentos los cuales en su mayoría son desaprobados por las personas. Ver Figura 21.

El problema de los malos olores es complicado al ser ocasionado por la estimulación de los órganos del olfato por bajas concentraciones de materiales que consisten de muchas sustancias en general.

#### Órganos del Olfato

El olor puede ser sentido inhalando el aire a través de la nariz. Como se muestra en la Figura 22. Cuando las moléculas de sustancias que provocan el olor se inhalan estas tocan la membrana mucosa del olfato en una división de la cavidad nasal generando el impulso mediante el estímulo de las células del olfato en la membrana mucosa del olfato. Cuando el impulso alcanza el centro del olor, a través de los nervios del olfato, se produce la sensación del olor. Sin embargo, tal mecanismo todavía no es muy claro.

### 5.2 Características del Olor

#### (1) Adaptabilidad al Olor

Es bien sabido que el sentido del olfato se adapta fácilmente (se cansa); es decir, no podemos percibir el olor después de oler el aroma de una flor por algún momento. Por esta razón apenas podemos percibir gases venenosos por su olor, cuando

Fig. 21: **¿De dónde viene el mal olor?**

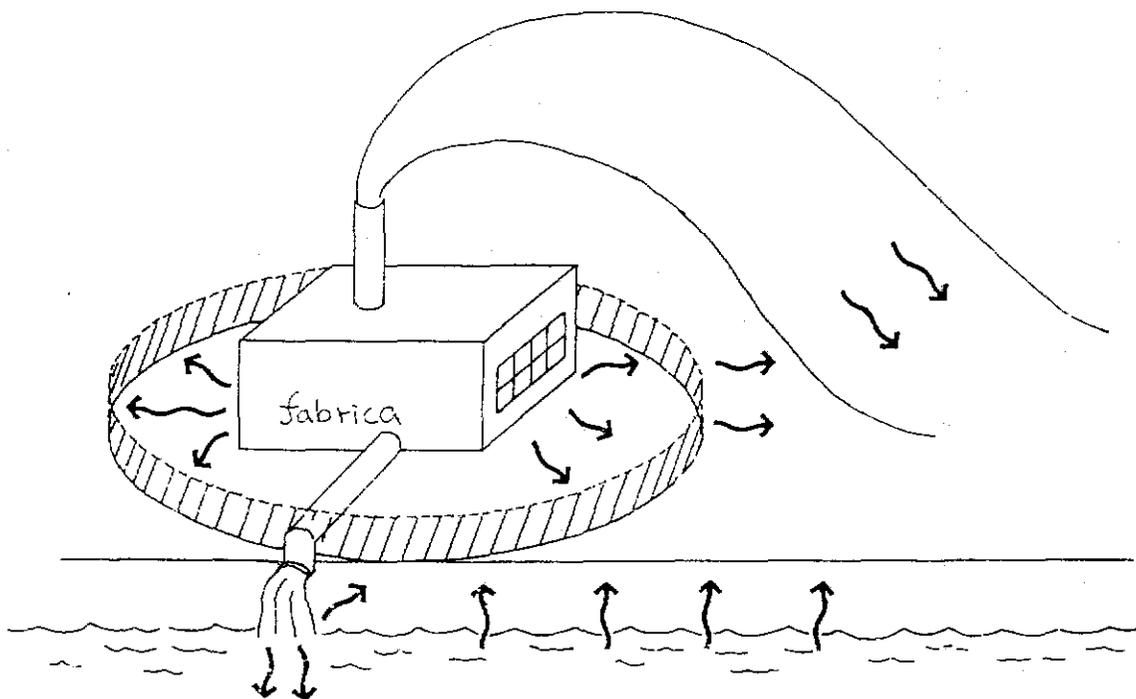
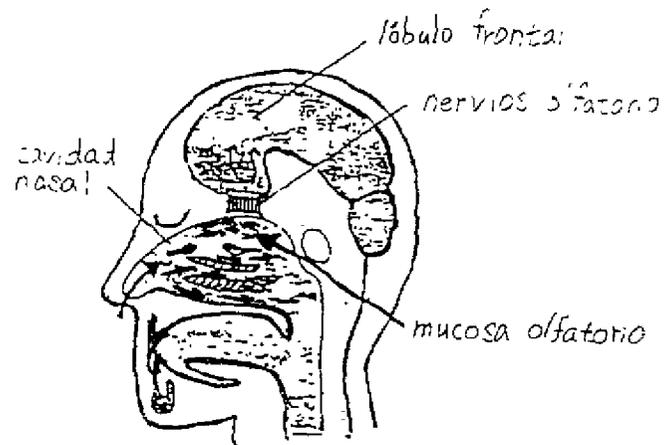


Fig. 22 Órganos del Olfato



ocurren fugas graduales de gases aun cuando la concentración de éste alcanza la dosis letal. Mientras no se percibe un olor específico, el sentido del olfato puede tener suficiente sensibilidad para otros olores. Nosotros podemos sentir que no hay ningún olor en el aire a pesar de que realmente existe cierto olor. Esto es simple porque nosotros sentimos poco olor, debido a una adaptación del sentido del olfato al ambiente o al olor del propio cuerpo.

(2) Diferencia del sentido del olfato entre individuos

Algunas personas son extremadamente sensitivas a los olores, mientras otras no. Es decir, existe una diferencia en olfato entre individuos. Una persona sensitiva no necesariamente es sensitiva a todos los olores. Se conoce que hay ceguera olfativa y ceguera olfativa incompleta, en el sentido del olfato, justamente como la ceguera al color (daltonismo) y la ceguera al color incompleta, en el sentido de la vista. Se reporta que el 2% de la gente no es sensible al olor de sudor (ácido butírico).

(3) Intensidad del Olor

El sentido humano del olfato es sensitivo a los gases. Se denomina "umbral del olfato" a la concentración mínima de la sustancia causante del olor. Considerando la intensidad del olor, la mayoría de las personas solo hacen distinción de tres categorías: fuerte, medio y débil. Sin embargo profesionales de la perfumería pueden establecer distinciones de seis categorías de intensidad del olor haciendo uso de la escala "seis-puntos" de intensidad del olor, como sin olor, escasamente rastreable, tenue pero identificable, facilmente detectable, fuerte, y repulsivo.

5.3 Ejemplos de sustancias de olor ofensivo

substancia		huele como a .....
amoniaco	$\text{NH}_3$	aguas residuales crudas
metilo mercaptan	$\text{CH}_3\text{SH}$	cebolla podrida

sulfuro de hidrógeno	$H_2S$	huevos podridos
sulfuro de dimetilo	$(CH_3)_2S$	repollo podrido
trimetilamida	$(CH_3)_3N$	pescado podrido
isobuteraldehído	$(CH_3)_2CHCHO$	olores irritantes, dulces-etéreos y olor a quemado
valeraldehído	$CH_3(CH_2)_3CHO$	olores que causan tos persistente y automática
tolueno	$C_6H_5CH_3$	petróleo (gasolina)
ácido isovalérico	$(CH_3)_2CHCH_2COOH$	calcetines sucios

#### 5.4 Control de olores ofensivos

##### 5.4.1. ¿De dónde procede el mal olor?

El grado e impacto de los malos olores emitidos por fábricas, talleres u otras actividades depende del tipo de planta, escala de producción, procesos de manufactura y métodos de emisión. Por ejemplo; los malos olores de plantas de pulpa mayormente salen a través de chimeneas y pueden sentirse más fuerte a uno o dos kilómetros de la planta. El olor de las granjas (principalmente del hato de ganado pueden sentirse más fuerte en áreas vecinas.

##### (1) Medidas de control de fábricas y talleres

Cuando las fábricas y talleres producen y procesan los materiales o tratan el agua residual en las factorías, ocurren olores específicos. En el caso que dicho olor específico puede sentirse ofensivo, se tiene que tomar las medidas apropiadas para su control. Se considera que para eliminar los malos olores debemos seleccionar, la materia prima que genere menos sustancias causantes de olores ofensivos,

reducir la cantidad de sustancias que generan malos olores, mejorando el proceso de producción y/o el método de tratamiento, o mejorando el equipo. (iii) Las sustancias que provocan malos olores deben ser eliminadas usando equipo desodorizante

(2) La quema de materiales genera malos olores

Los malos olores ocurren no solamente en fábricas y talleres, también producen malos olores la quema de llantas, plásticos, aceite, suelas (cueros), etc. Aun si se usa un incinerador, se necesita separar esos materiales.

(3) Canales

Algunas veces se reporta que en canales de drenaje, ríos, lagos y lagunas, los malos olores ocurren por descargas de aguas residuales de fábricas y viviendas y de la descomposición de la basura depositada en sus lechos, con el respectivo deterioro ambiental. Se necesita tomar los cuidados apropiados en esos lugares para que no sean afectados por malos olores

#### 5.4.2. Tecnología para el control de malos olores

Los malos olores varían en función de las sustancias, concentración, cantidad de emisión y características. Al mismo tiempo las condiciones meteorológicas del sitio de la fábrica, etc., afectan las condiciones o el estado del mal olor. Por lo tanto es difícil decidir la tecnología a ser aplicada para controlar el mal olor de interés. Generalmente se requiere de una combinación de más de un método

(i) Los materiales que generan malos olores deben de *lavarse con agua* o ser convertidos en materiales que causen olores débiles usando ácidos o álcalis.

(ii) La sustancia debería *ser adsorbida con materiales (adsorbentes)* como es carbón activado y la gel de sílice.

(iii) Las sustancias que provocan malos olores deberían *quemarse directamente* en hornos.

- (iv) Las sustancias deben *ser oxidadas y descompuestas por catálisis* como Platino, Paladio, etc.
- (v) Las sustancias deben *ser descompuestas por microorganismos del suelo* o por lodos activados.
- (vi) **Encubrir** los malos olores mediante la aspersión de sustancias aromáticas.

## Referencia

- (1) Técnicas de Defensa del Medio Ambiente; Editorial labor, S.A., España
- (2) Mejoramiento de la eficiencia de operacion de calderas de vapor :  
Instituto tecnologico de Georgia, 1981 (version al espanol por ICAITI,  
Guatemala)
- (3) "Guías de Calidad del Aire Para Eurooa" OPS/OMS, 1990
- (4) Control de Emisiones de gasea (Motores Diesel) : Pro Eco, Swisscontact
- (5) Control de Emisiones de gasea (Motores Gasolina) : Pro Eco, Swisscontact
- (6) Textbook for training course in environmental engineering; air pollution control
  - i. Environmental quality standards and their effect on health
  - ii. Control Measures against Offensive OdorJapan Environmental Sanitation Center Environmental Agency, Japan, 1995,  
(JICA)
- (7) Kougaiboushi no Gyijutu to Houki: Taiki (tecnología y reglamentos para  
control polución; aire), 1996  
Volantes y folletos publicados por los gobiernos de Tokyo, Kanagawa y Yokohama

## Apéndice

### 1. partículas en suspensión (PS) y motores

( Ver la figura en página siguiente )

La fuente principal de partículas finas las cuales son de tamaño  $2 \mu\text{m}$  o menores son el diesel y " partículas de productos secundarios". Partículas de productos secundarios, significa gases, como los  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  o  $\text{HCl}$ , reaccionan con amoníaco formando las partículas como  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , etc.

#### *materia de partículas emitada*

La tabla baja muestra la cantidad de *materia de partículas* que es emitida por algunos tipos de automóviles. De acuerdo a esta tabla, la materia de partículas emitida por un camión diesel de 10 toneladas es equivalente a la materia de partículas emitida por unos 55 carros gasolina de pasajeros.

tipo de combustible	gasolina		diesel	
tipo de automóvil	auto normal	bus 1 ton	camión 2 ton	camión 10 ton
g/km	0.012	0.022	0.173	0.656
relación relativa	1	1.8	14.4	54.7

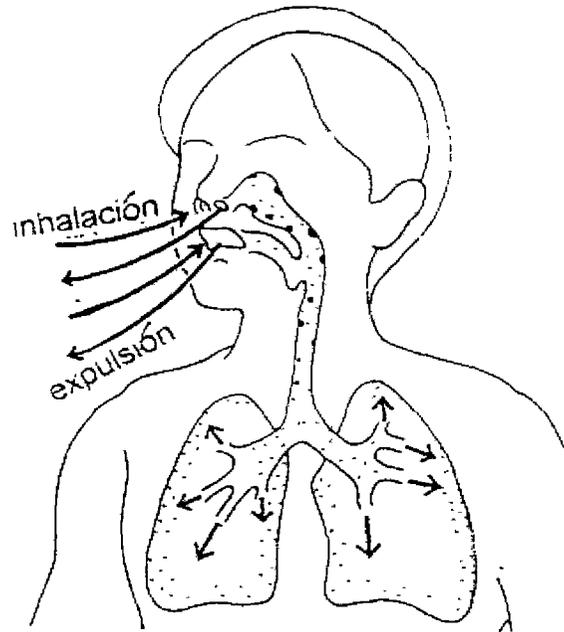
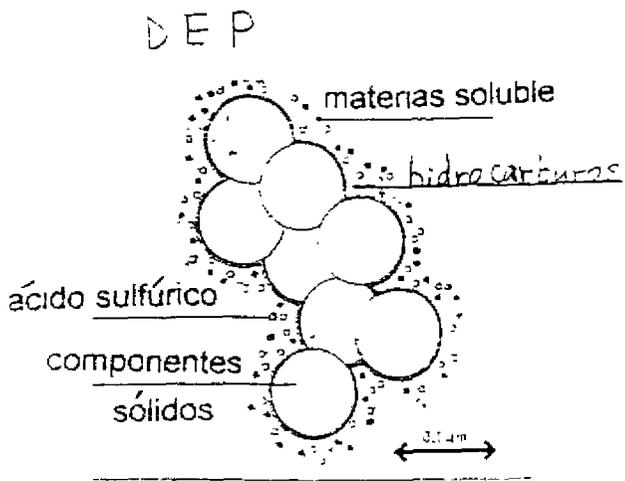
tokyo, 1992

#### *estructura de motor diesel*

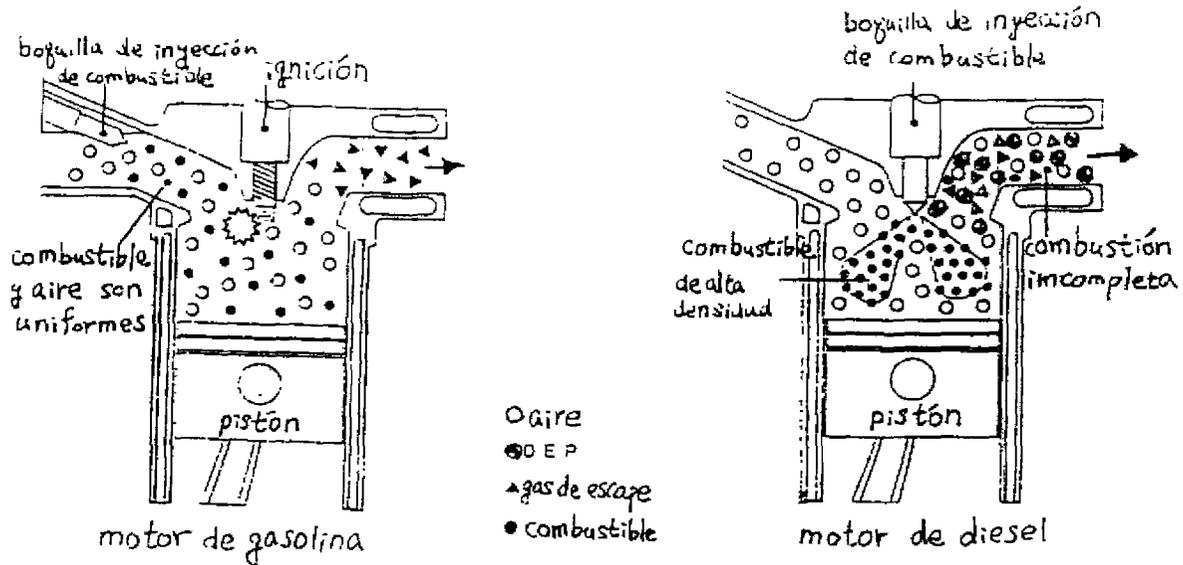
Una motor diesel se caracteriza por generar fácilmente partículas de materia debido a su propia estructura.. En una motor gasolina, primero, el combustible se mezcla con el aire y posteriormente esta mezcla se quema. Pero en los motores diesel, el diesel es atomizado en aire altamente presurizado. Por lo que, el diesel y el aire no se mezclan por completo, y un déficit de  $\text{O}_2$  ocurre parcialmente durante la combustión, lo que causa una combustión incompleta y genera humo negro cuyo principal componente son partículas muy finas de hollín.

*DEP: partículas de escape de diesel* (DEP es la sigla de Diesel Exhaust Particles, Inglés)

Entre las partículas del escape de automóviles diesel, DEP son las partículas con tamaños de  $1 \mu\text{m}$  o menos y que consisten principalmente de partículas de carbón, compuestos orgánicos líquidos o sulfatos, etc. Debido a que los componentes orgánicos son cancerígenos, hay preocupación por los efectos en la salud.



## Mecanismo de generación de DEP



## 2. estándares de calidad ambiental

	E.E.U.U.			Japon	
Ozon	0.12 ppm	1 hora	Oxidantes	0.06 ppm	1 hora
SO <sub>2</sub>	0.14 ppm	24 horas	SO <sub>2</sub>	0.04 ppm	ave. un día
	0.03 ppm	ave. uno año		0.1 ppm	1 hora
NO <sub>2</sub>	0.053 ppm	ave. uno año	NO <sub>2</sub>	0.04 - 0.06 ppm	ave. un día
PS	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ave. uno año	PS	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ave. un día
	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas		200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 hora
CO	9 ppm	8 horas	CO	10 ppm	ave. un día
	35 ppm	1 hora		20 ppm	ave. 8 horas

3. análisis de las emisiones de las combustiones fijas - *Escala Ringelmann*  
( Ver la figura en página siguiente )

La mayor parte de las reglamentaciones internacionales, hacen referencia a la emisión de humos regulando sus contenidos según dos sistemas distintos, escala Ringelmann y Bacharach, fundados ambos en la comparación visual de la muestra con una escala arbitraria preestablecida.

**Escala Ringelmann**

En los países americanos se suele emplear la llamada escala Ringelmann que consta de seis patrones de comparación que van desde el blanco total al negro absoluto . El humo es comparado por la tasa de absorción de luz, no por el color. En terminos cuantitativos puede interpretarse que el primer patrón se corresponde con la proporción de absorción del 0 %, aumentado de veinte veinte unidades hasta llegar a absorción máximo del 100 % para el numero 5.

El color de la emisión se compara visualmente con los diversos patrones de forma repetida, bien sea de manera directa o por medio de un sencillo aparato simplificador llamado *smokscape*. los resultados de las medidas se promedian, de forma que al final se obtiene un resultado expresado en unidades ringelmann o en porcentaje

ejemplo;

Sea un caso en el que se hayan realizado observaciones durante minutos. según intervalos de treinta segundos, lo que hace un total de sesenta medidas.

los resultados obtenidos son:

2 medidas con valor 0 = 0 unidades	
6	1 = 6
15	2 = 30
31	3 = 93
4	4 = 16
2	5 = 10

---

suma 155 unidades

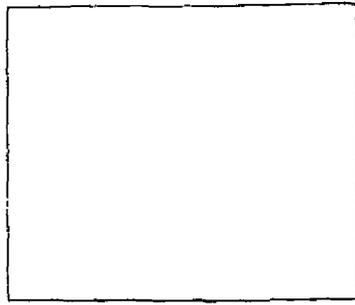
resultado:  $155/60 = 2.58$  unidades Ringelmann

o también  $2.58 \times 20 \% = 52 \%$  de proporción de absorción de luz

(obsérvese que el valor 20 % corresponde al intervalo de variación entre los patrones)

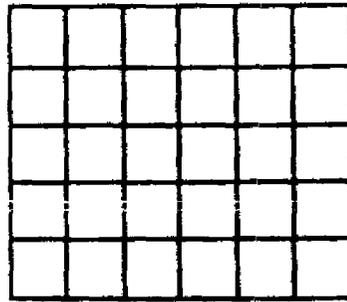
Las reglamentaciones internacionales suelen aceptar como funcionamiento correcto hasta un valor máximo de 2 unidades ringelmann, que equivalen a una proporción de absorción de luz del 40 %.

# Escala Ringelman



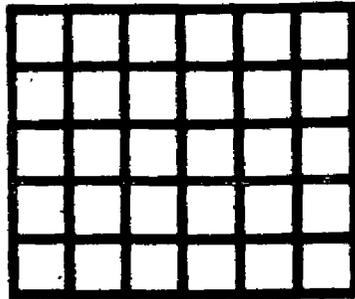
Núm. 0

(la absorción de luz es 0%)



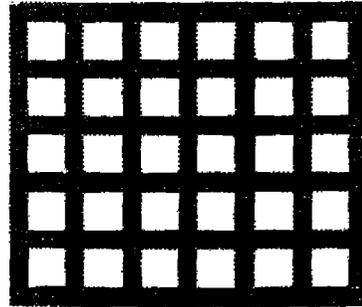
Núm. 1

(20%)



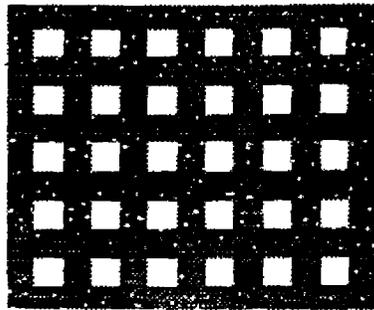
Núm. 2

(40%)



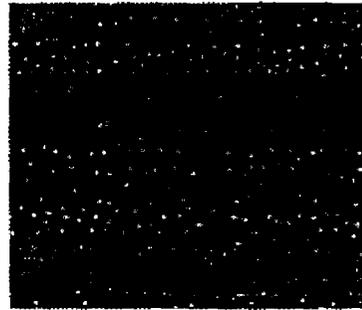
Núm. 3

(60%)



Núm. 4

(80%)



Núm. 5

(100%)

