



7  
614.7  
7693

Para Andrés Cordero  
con agrado  
Juan Torres

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, Centro América

"CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTUDIO DE LA  
CONTAMINACION DEL AIRE"

TESIS

Presentada a la Junta Directiva

de la

Facultad de Ingeniería

de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

por

JUAN TORRES BERNADES

al conferírsele el Título de :

INGENIERO CIVIL

Guatemala, Septiembre de 1966



DL 08 T (53)C

MFN: 1136

JUNTA DIRECTIVA  
DE LA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO:	Ing. Amando Vides Tobar
VOCAL PRIMERO:	Ing. Otto E. Becker M.
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Francisco Ubieto B.
VOCAL TERCERO:	Ing. Leonel Pinot L.
VOCAL CUARTO:	Br. Jaime R. Rousselín S.
VOCAL QUINTO:	Br. Javier Godoy
SECRETARIO:	Ing. José Massanet P.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL  
EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO INT:	Ing. Otto E. Becker M.
VOCAL TERCERO:	Ing. Leonel Pinot L.
EXAMINADOR:	Ing. Oscar Díaz E.
EXAMINADOR:	Ing. Juan A. López V.
SECRETARIO:	Ing. José Massanet P.

ACTO QUE DEDICO

A mis Padres

A mi Esposa

A mi Hermano

A mis Tíos

A mis Compañeros

A la Facultad de Ingeniería

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

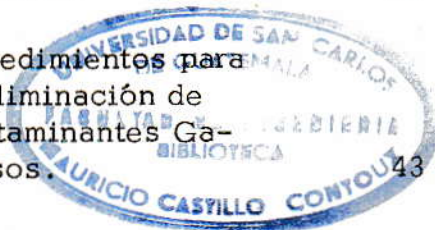
Cumpliendo con lo establecido por la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de Tesis intitulado:

"CONSIDERACIONES SOBRE EL ESTUDIO  
DE LA CONTAMINACION DEL AIRE"

Tema que me fué asignado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ingenierfa .

## CONTENIDO

	Pag.
1. GENERALIDADES	3
1.1. Reseña Histórica de la Contaminación Atmosférica.	3
1.2. Propiedades Físicas de los Polvos, Humos y Neblinas.	8
1.3. Meteorología y Contaminación Atmosférica.	13
2. EMISORES DE CONTAMINANTES	17
2.1. Emisiones de los Motores de Combustión Interna.	17
2.2. La Contaminación del Aire de la Industria y su control.	25
2.2.1. Emisiones Industriales.	25
2.2.2. Industrias Nacionales.	31
2.2.3. Métodos de Control.	33
2.2.3.1. Algunas de las Instalaciones para combatir la emisión de aerosoles sólidos y líquidos.	34
2.2.3.2. Procedimientos para la Eliminación de Contaminantes Gaseosos.	43



2.2.3.3. El Problema Económico.	44
3. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES	46
3.1 Efectos de la Contaminación del Aire sobre la Salud.	46
3.2. Efectos de la Contaminación del Aire en los Animales.	60
3.3 Efectos de la Contaminación del Aire en las Plantas.	62
3.4 Efectos de la Contaminación del Aire en los Materiales.	67
3.5 Concentraciones Ambientales Máximas Permisibles.	70
4. FORMAS DE MEDIR LOS CONTAMINANTES	73
4.1 Consideraciones Preliminares sobre la Toma de Muestras.	73
4.2 Toma de Muestras de Gases y Vapores.	76
4.3 Toma de Muestras de Partículas y Suspensiones Sólidas.	83
4.4 Métodos de Análisis.	92

5.	BASES PARA UN REGLAMENTO SOBRE CONTAMINACION DEL AIRE Y SU APLICACION	95
5.1.	Bases para el Control de la Contaminación Atmosférica.	95
5.2.	Evaluación de los Métodos de Control.	97
5.3.	Algunos Reglamentos del Plan Regulador para el área Metropolitana de la Ciudad de Guatemala.	100
6.	CONCLUSIONES.	104
7.	BIBLIOGRAFIA.	108



## INTRODUCCION:

"El aire contaminado puede enfermarnos y hasta matarnos. Es una amenaza creciente para los habitantes de las grandes ciudades. Hay centenares de millones de personas en todas partes del mundo que viven amenazadas por el peligro de la atmósfera viciada".

Hoy día todas las regiones industrializadas del mundo sufren el problema de la atmósfera contaminada que causa desintegración de la ropa, podredumbre de la madera, destrucción de las plantas, decoloración de las pinturas y corrosión de los metales.

Existe una creencia popular de que tenemos superabundancia de oxígeno para sostener la vida. Sin embargo, el aire que respiramos es en realidad una delgada capa de oxígeno que apenas sobresale de nuestras montañas más altas. En vez de proteger esta valiosísima provisión de aire, la estamos cargando cada vez mas con degredos artificiales: las fábricas, refinerías, los vehículos y las chimeneas de las casas, vomitan los venenos al aire.

Hemos visto como en grandes ciudades cuando no sopla ningún viento ocurre una "inversión térmica" es decir que una capa de aire caliente queda sobre una capa de aire más fría e impide que esta se levante, las substancias tóxicas, no pueden escapar verticalmente, y como no hay viento tampoco se pueden dispersar hacia los lados. Por tanto se acumulan sustancias tóxicas formando una nube espesa e inmóvil que provoca tos e irrita.

Se han dado casos episódicos de intensa contaminación de la atmósfera que han acarreado un aumento de la mortalidad, y algunos investigadores, trabajando separadamente, han coincidido en admitir la posibilidad de que ciertas enfermedades, como la bronquitis aguda y el cáncer del pulmón, estén relacionadas con la exposición constante a una atmósfera impura.

El presente trabajo no puede proveer todas las soluciones, pero presentará una clara idea del problema de la contaminación del aire y los pasos que debemos seguir al hacer uso de nuestros recursos de aire de una manera conforme a los más altos ideales de la salud y bienestar humano.

El propósito primordial del presente estudio es someter a un examen crítico lo que se sabe acerca de los efectos sobre la salud de los gases y aerosoles existentes en el aire de las poblaciones. Con esta finalidad se examinarán datos escogidos expresamente con distintos fines para determinar los efectos de esas impurezas. Otra finalidad perseguida es indicar los puntos que deberán ser objeto de nuevos estudios para comprender mejor la influencia de la contaminación del aire sobre la salud.

## 1. GENERALIDADES

### 1. 1. Reseña Histórica de la Contaminación Atmosférica

El hombre necesita oxígeno para vivir y en la atmósfera se da una mezcla de oxígeno y nitrógeno. El aire en su estado puro es una mezcla de gases invisibles e inodoros. Contiene aproximadamente 78% de nitrógeno y el 21% de oxígeno y una serie de otros gases restantes, de los cuales la mayoría son argón y anhídrido carbónico, además trazas de neón, helio, ozono, xenón, hidrógeno, metano, kriptón y cantidades variables de vapor de agua. La mayoría de estas materias son fisiológicamente inertes pero otras al combinarse con elementos extraños, pueden provocar reacciones que van del ligero malestar a la intoxicación grave.

La primera manifestación técnica del hombre fué el uso del fuego que produce anhídrido carbónico; las ciudades antiguas y medievales estaban altamente contaminadas debido a los desperdicios, basuras y combustión de la leña. La lucha contra la contaminación atmosférica fué nula hasta el siglo XVIII, la nocividad del humo era objeto de frecuentes quejas y comentarios, pero lo que se sabía de la cuestión era muy poco.

Los últimos cien años transcurridos nos revelan el desarrollo de nuevos procesos, por un lado el desarrollo de nuevas técnicas ha ido acompañado de nuevas formas de contaminación atmosférica de manera que las poblaciones de las ciudades soportan cada día con menos paciencia los diversos tipos de contaminación atmosférica.

Las materias gaseosas y en forma de partículas que se encuentran asociadas con el oxígeno y el nitrógeno son:

- a) Tóxicas
- b) Irritantes y
- c) Nocivas para el hombre

El estudio de la contaminación del aire nunca ha despertado el interés de otras ramas tales como contaminación de los alimentos y la lucha contra las epidemias y su estudio ha sido considerado como un "Lujo"; estos estudios han aumentado durante los últimos diez años a un ritmo mucho más rápido.

La contaminación atmosférica creció considerablemente con el desarrollo de grandes y populosas ciudades industriales. Eventualmente aparece también en poblaciones que no tienen una industria pesada, en donde la contaminación atmosférica es causada por incendios de basuras, calefacción por medio de carbón, petróleo y gas y por la combustión de combustibles en locomotoras, plantas motrices y vehículos de motor.

#### Episodios Históricos de Contaminación Atmosférica

##### Valle del Mosa: 1930

El Valle del Mosa es un tramo de unos 25 Kms. flanqueado por colinas de 25 a 100 mts. de altura en donde se encuentran numerosas instalaciones de la industria pesada. En diciembre de 1930 toda Bélgica fué invadida por una niebla debida por una parte a un régimen anticiclónico y por una inversión de temperatura.

Al tercer día de este fenómeno atmosférico los habitantes de la región empezaron a sufrir lesiones de las vías respiratorias falleciendo numerosas personas y varios miles enfermaron. Los síntomas de la enfermedad fueron: irritación de la garganta, ronquera, tos, disnea, opresión torácica y vó

mitos. El tratamiento eficaz consistió en la administración de antiespasmódicos para facilitar la respiración.

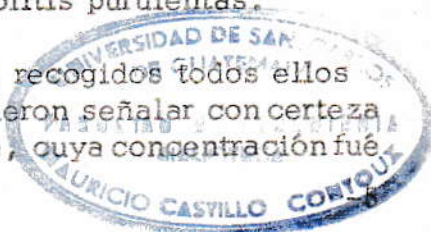
Casi inmediatamente después de haber desaparecido la niebla, se inició una investigación de todos los gases y aerosoles vertidos en la atmósfera comprobándose que solo unas de las impurezas irritantes contenidas en el aire podían haber causado la enfermedad y la muerte y que se trataban de mezclas de óxidos de azufre. También se estimó que otros gases y aerosoles pudieron contribuir a la acción química de las primeras sustancias, facilitando la transformación del  $SO_2$  en  $SO_3$  o transportando los gases irritantes al interior de los pulmones a mayor profundidad de la que hubieran alcanzado por si solas.

#### Donora: 1948

Este episodio se registró en la parte nordeste de los Estados Unidos, caracterizado por una inversión de temperatura y una movilidad del aire muy escasa o nula. La situación se modificó hasta 4 días después cuando empezó a llover y el cambio de tiempo despejó la atmósfera. Durante estos 4 días el 42.7% de la población presentó síntomas de enfermedad, de ellas el 10.4% fueron consideradas como graves. La afección padecida fué inicialmente una irritación del tramo respiratorio, de los ojos, de la cavidad nasal y de la garganta y su intensidad varió entre muy leve y muy grave. Las personas de edad avanzada fueron las mas afectadas en la frecuencia y en la gravedad de la enfermedad.

De las autopsias efectuadas se comprobó que las muertes se originaron por lesiones inflamatorias de los pulmones, caracterizadas por dilatación capilar, hemorragia, edema, bronquitis y bronquiolitis purulentas.

Los datos disponibles, recogidos todos ellos después del episodio, no permitieron señalar con certeza ninguna de las impurezas del aire, cuya concentración fué



efectivamente la causa de enfermedad. Se llegó a la conclusión de que la enfermedad no fué producida por una sola sustancia sino por la acción simultánea de dos o mas. Las impurezas mas conocidas fueron el  $SO_2$  cuya concentración osciló entre 0.5 y 2.0 p.p.m., sus productos de oxidación y materia dispersa inespecífica.

Londres: 1952

En diciembre de 1952 en el ancho valle del Támesis y en especial Londres fueron invadidos por una niebla espesa asociada con un régimen anticiclónico y una inversión de temperatura. Al cabo de 12 horas de haber comenzado la acumulación de impurezas en el aire, un número inusitado de habitantes empezó a presentar síntomas respiratorios. Los síntomas de la enfermedad consistían en tos con relativamente poca expectoración, rinorrea, irritación de la garganta y vómitos repentinos. Las personas que enfermaron de mayor gravedad fueron las que tenían antecedentes de afecciones pulmonares, como bronquitis crónica, asma, bronquiectasia o fibrosis pulmonar, disnea, cianosis y bronquiospasmos. Durante el episodio ocurrieron muchos mas fallecimientos que de ordinario, ocurriendo en su mayor parte en las personas de mayor edad. El tratamiento en este caso fué también la administración de anti espasmódicos.

La concentración media de  $SO_2$  durante el episodio fué de 0.7 p.p.m., la máxima fué de 1.3 p.p.m., concentraciones que no se consideran corrientemente como tóxicas. Las autoridades que estudiaron el hecho consideraron al  $SO_2$  como otro valor que contribuyó al grado de contaminación. No se sabía ni se sabe todavía cuales son exactamente las sustancias que deben determinarse en el aire en esas ocasiones en calidad de agentes tóxicos causante de los efectos patológicos. Las sustancias irritantes más activas fueron probablemente el  $SO_2$  y la materia sólida producto de la combustión del carbón, y sus efectos letales se produjeron casi exclusivamente en personas ya aquejadas de trastornos respirato-

rios o cardiovasculares crónicos.

Otros episodios ocurrieron en Londres antes de 1952 pero todos de menos intensidad. Posteriormente en 1956 ocurrió otro caso grave que dejó aproximadamente 1000 muertos. La gravedad de estos episodios alarmó a tal grado la opinión pública que el gobierno formuló una serie de recomendaciones para tratar de impedir la repetición de semejantes calamidades.

#### Los Angeles:

Esta ciudad sufre durante cierta época del año los efectos del comunmente llamado smog fotoquímico o sea la niebla contaminada que consiste en concentraciones relativamente grandes de impurezas que producen irritación en los ojos y la garganta, daños a la vegetación y enturbamiento de la atmósfera.

El Condado de los Angeles es una estrecha planicie costera limitada con el Océano Pacífico. Desde la costa el terreno se eleva gradualmente hacia el este en una anchura de 48 kms. Las barreras orográficas naturales forman una bolsa en la que penetra una ligera brisa marina y en la que el aire se mueve horizontalmente con relativa lentitud.

Entre los muchos gases y aerosoles a los que se atribuye una relación con el fenómeno de la niebla contaminada están: óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, aldehidos, cetonas, ácidos, hidrocarburos, compuesto de formilo, ozono, nitroolefinas, nitratos de peroxiacetilo, etc.

Los efectos más inmediatos de la contaminación son: irritación ocular, daños a la vegetación y enturbamiento de la atmósfera lo que puede ser debido a una o varias substancias. Lo mas probable es que entre las subs

tancias que pasan a la atmósfera se verifiquen varias reacciones de síntesis por acción de los rayos ultravioletas y de la luz solar, y que en tales síntesis se produzcan la substancia o substancias causantes de la niebla contaminada.

La población está profundamente preocupada por la posibilidad de que algún día las impurezas del aire alcancen concentraciones que pueden producir lesiones graves a las personas susceptibles o efectos que solo aparezcan al cabo de muchos años.

#### Poza Rica: 1950

En Poza Rica, México hay un centro de refinación de petróleo y de tratamiento de gas natural. En noviembre de 1950 la población sufrió las graves consecuencias de un escape accidental de Sulfuro de Hidrógeno que causó la intoxicación de aproximadamente 320 personas y la muerte de 22. El episodio fué debido al deterioro accidental de la maquinaria de tratamiento de gas natural mas una inversión de temperatura asociada a un desplazamiento lateral del aire.

La fuga de gas se cortó a los 20 o 25 minutos de haber empezado y en este corto período de tiempo se produjeron las intoxicaciones y defunciones. Los efectos de la inhalación del Sulfuro de Hidrógeno fueron pérdida del olfato, tos, disnea, irritación de la conjuntiva, náuseas y vómitos, intenso dolor de cabeza y vértigos. El gas tóxico atacó personas de todas las edades.

#### 1.2. Propiedades Físicas de los Polvos, Humos y Neblinas.

##### Polvo Atmosférico:

En el aire se mantienen en suspensión partículas sólidas de minerales finísimos y polvos orgánicos que alteran



su transparencia y color, interceptan una parte a veces - muy considerable de la radiación solar, se depositan paulatinamente sobre el terreno y los objetos ya sea debido a su propio peso o incorporándose a las gotas de agua o aún pueden ser inhaladas por las personas hacia sus pulmones. Este polvo es producido por industrias que producen residuos polvorulentos tales como industrias de hilado y tejido de cáñamo, hilo y algodón, industrias corchotaponeras, serrerías, peleterías, hornos y fábricas de cal, yeso y cemento; industrias químicas; minas y depósitos de carbón; canteras y deshollinadores que dan lugar a enfermedades - de los bronquios etc. La riqueza del aire en partículas varía según la atmósfera esté mas o menos purificado por las lluvias o los vientos.

#### Humos:

Es un producto que en forma gaseosa se desprende de una combustión incompleta. Se compone principalmente de vapor de agua y anhídrido carbónico que lleva consigo carbón en polvo muy tenue. Además el humo lleva siempre otros gases cuyo número y naturaleza varía con la clase de combustible y la marcha de la combustión. Algunos de estos producen olores y otros problemas.

Entre los gases que producen contaminación están:

#### Oxidos de Nitrógeno:

Siempre que se quema algo, parte del nitrógeno del aire se combina con parte del oxígeno para formar óxido nítrico ( NO ). Este último gas se combina con mas oxígeno para formar otro gas, el dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>) Humos que se desprenden de los hogares de carbón y de los escapes de los motores contienen óxidos de nitrógeno.

Por influencia de intensa luz solar el NO<sub>2</sub> reacciona con hidrocarburos olefínicos para producir nuevos -

compuestos químicos que serán la causa de irritación en los ojos, daños a la vegetación, reducción de la visibilidad y del ozono que agrieta el caucho.

#### Ozono (O<sub>3</sub>):

Es un contaminante gaseoso, rara vez se emite al aire como tal. Produce olor y como sustancia venenosa se forma de la siguiente manera: cuando los óxidos de nitrógeno absorben energía del sol, se rompen en óxidos nítricos y oxígeno atómico. Este único átomo de oxígeno es inestable y ayudado por la presencia de hidrocarburos en el aire se combinan rápidamente con el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) para formar el ozono (O<sub>3</sub>).

#### Anhídrido Sulfuroso (SO<sub>2</sub>):

Gas incoloro de olor sofocante a azufre quemado y sabor desagradable, que provoca la tos y puede ocasionar asfixia. Se forma en la combustión del carbón, gas o aceite para calefacción industrial, fundiciones, refinerías, o en la producción de energía eléctrica. En concentraciones altas parte del anhídrido sulfuroso se transforma en anhídrido sulfúrico y ácido sulfúrico, ambos son nocivos en concentraciones fuertes.

#### Monóxido de Carbono (CO):

Es el mas antiguo de todos los contaminantes ya que data de los tiempos en que se descubrió el fuego. Es un gas asfixiante por su avidez a combinarse con la hemoglobina de la sangre y excluir por lo tanto al oxígeno. El monóxido de carbono se encuentra en casi todos los tipos de gases combustibles e iluminantes y es un componente de la combustión de los gases que se producen por cualquier forma de calor.

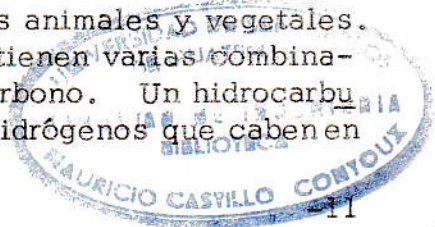
El monóxido de carbono rara vez se presenta en la naturaleza pero como se origina de la combustión incompleta de las sustancias carbonosas, se encuentra en casi todas las partes donde la gente vive y trabaja.

El gas de escape de los motores de combustión interna contiene monóxido de carbono en proporciones que varía de 1 a 7% o mas dependiendo de la proporción de aire o gasolina de la mezcla. Una estimación gruesa del volumen de monóxido de carbono que puede producir un automóvil de 28 litros por minuto por cada 20 H.P. es la de que este volumen de gas será suficiente para hacer letal la atmósfera de un garage para un solo carro en un período de cinco minutos si el motor se mantiene en operación con las puertas cerradas; una persona que respira tal atmósfera pierde el sentido antes de que pueda tener conciencia de que está afectado. En las calles citadinas con el tráfico congestionado el contenido de monóxido de carbono puede elevarse a unos 100 p.p.m. lo que es suficiente para causar ligeras cafealeas después de una exposición prolongada.

#### Hidrocarburos:

Son cuerpos binarios compuestos de carbono e hidrógeno. Entre sus principales clases incluyen los hidrocarburos aromáticos, naftenos, olefinas y parafinas. Estos llegan a la atmósfera a través de muchas fuentes - una de las cuales es la combustión parcial de la gasolina del vehículo de motor y plantas estacionarias. Pequeñas cantidades se emiten a través del refinamiento, almacenamiento y transporte de los productos del petróleo.

Un hidrocarburo es una sustancia orgánica que se forma básicamente de organismos animales y vegetales. Están hechos de moléculas que contienen varias combinaciones de átomos de hidrógeno y carbono. Un hidrocarburo olefínico no contiene todos los hidrógenos que caben en



la molécula, es un compuesto no saturado que reacciona rápidamente con otros compuestos químicos. Por ej. es capaz de recoger dos átomos de cloro y bromo de sus alrededores, a veces con resultados desagradables.

#### Aldehidos:

Son compuestos de hidrógeno, carbono y oxígeno químicamente combinados. Se forman como resultado de la combustión incompleta o de la acción de la luz solar en el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y ciertos hidrocarburos. Las acroleinas ( $\text{C}_2\text{H}_3\text{CHO}$ ) y formaldehídos ( $\text{HCHO}$ ) son aldehidos que se han encontrado en el aire en concentraciones capaces de producir irritación en los ojos.

#### Acidos orgánicos:

Son compuestos de hidrógeno, carbono y oxígeno, químicamente combinados, pero contienen mas oxígeno que los aldehidos. Se forman principalmente en la combustión incompleta, aunque algunos son el resultado de procesos industriales. Ejemplos: ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) que es un ingrediente activo en vinagre; ácido fumárico ( $\text{C}_2\text{H}_2(\text{CO}_2\text{H})_2$ ) que se encuentra en el humo de la combustión de la madera y se usa en el curado de la carne; y aún el mas complicado, ácido tánico que se encuentra en la corteza y savia de algunos árboles y es usado en el curtimiento de pieles.

#### Acidos Inorgánicos:

Pueden ser tóxicos, los mas comunes son los sulfuros ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) que resultan de la combinación del agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y del anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ). Una pequeña cantidad de estos ácidos se generan en las combustiones del carbón y petróleo; la concentración varía con el contenido de azufre en el combustible. Los óxidos de nitrógeno también forman ácidos cuando se combinan con el agua. Otros ácidos inorgánicos

que aparecen a veces en el aire son el ácido clorídrico o muriático (HCL), ácido bromídrico (HBr), ácido fluorídrico (HF) - los cuales se usan en un gran número de procesos industriales.

#### Fitotoxicantes:

Son compuestos que envenenan la vegetación. En esta categoría se incluyen algunos aldehidos y ácidos, así como también una misteriosa substancia atmosférica tentativamente identificada como nitrato de peroxidoacetilo (PAN). Este compuesto que se forma por la acción del sol sobre los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, causa daños a la vegetación e irritación en los ojos.

#### Neblinas:

Están formadas por partículas líquidas de tamaño tanto mayor cuanto mas bajas están. Los ejemplos mas comunes son: nieblas, vapores y anhídrido sulfúrico ( $SO_3$ ). Se desprenden principalmente de operaciones de rociar, impregnar y revestir. Una neblina orgánica está formada de emisiones de los vehículos por la acción del sol sobre los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos reactivos que salen del tubo de escape de los motores de combustión interna.

### 1.3. Meteorología y Contaminación Atmosférica.

La atmósfera es el medio propagador de las impurezas y determina la frecuencia, duración y concentración de las contaminaciones a que estarán expuestos los receptores. La meteorología puede contribuir a eliminar o reducir la contaminación del aire pero en definitiva no influye en la intensidad de la fuente contaminadora y hasta el momento los procesos atmosféricos que determinan la dispersión de las impurezas en el aire escapan a la intervención humana.

Las únicas formas de remediar los contaminantes son:

- a) Impidiendo la producción de desechos.
- b) Instalando aparatos adecuados para captar los desechos en su origen y,
- c) Facilitando la dispersión de los agentes de contaminación en la atmósfera.

Las características principales de la atmósfera son: la temperatura, los vientos y las precipitaciones que varían grandemente según la latitud, las estaciones y la topografía circundante. Otras características meteorológicas importantes son la turbulencia atmosférica, la temperatura de las capas inferiores del aire y los gradientes de presión que son menos conocidos y desde luego peor registrados.

La contaminación atmosférica puede deberse también a fenómenos naturales tales como las erupciones volcánicas, las tormentas de polvo, los incendios forestales y el desprendimiento de polen. A menudo es más fácil evaluar los efectos fisiológicos de la contaminación natural que los de las complejas emanaciones industriales y además la naturaleza y origen de los primeros suele ser mejor conocida.

Los vientos son los encargados del transporte y dilución en la atmósfera de las impurezas vertidas al aire, la velocidad, magnitud y dirección de los vientos dependende los gradientes de temperatura verticales y horizontales. Cuanto mayor sea la velocidad del viento mayor será la turbulencia y mas rápida y completa la dispersión de los contaminantes en la atmósfera. Los vientos diurnos suelen ser más turbulentos y veloces por lo cual la dispersión de las impurezas llega a su máximo en los días claros y soleados.

La topografía de la zona tiene casi siempre gran importancia, ya sea que se trate del sitio donde se producen los contaminantes o el lugar donde se reciben, aunque no es predominante cuando la concentración es muy intensa.

En meteorología se considera la dirección del viento como la dirección de donde proviene, es decir que un viento NNE (nor-noreste) transporta los contaminantes hacia el SSW (sur-suroeste) de la fuente.

Además de variar en sentido horizontal el viento experimenta grandes variaciones verticales debido a las rugosidades de la superficie terrestre por una parte y el calentamiento de la tierra producido por el sol que tiene su máximo cerca de la superficie y disminuye con la altitud.

Como resultado los vientos son menos fuertes en la dirección vertical y por lo tanto, el grado de dispersión de los contaminantes disminuye con la altura. Durante las noches los movimientos verticales llegan a su mínimo debido al enfriamiento del suelo por el aire adyacente al mismo, resultando una estabilidad extrema de la atmósfera cercana a la superficie.

Al dispersarse en la atmósfera las impurezas de contaminación no desaparecen, sino que se diluyen simplemente en un volumen de aire cada vez mayor. Las partículas gruesas se sedimentan por gravitación y desaparecen del aire ambiente. Las partículas pequeñas que constituyen una proporción elevada de las impurezas pueden quedar adheridas al suelo, a la vegetación, a los edificios o serán barridas tal vez por las precipitaciones.

El valle de Guatemala, geográficamente es una cuenca cerrada por montañas al este y al oeste y abierta de norte a sur, de tal forma que los vientos condicionados a la entrada y salida del valle, circulan todos en la dirección NNE, y naturalmente subordinados a los vientos continentales, lo que hace que al principio y final de la época lluviosa los mismos se inviertan con frecuencia en la dirección SSW.

Las velocidades de los vientos en la ciudad de Guatemala varían desde períodos de tan poca intensidad que llegan a la calma, hasta velocidades máximas de 50 km/hr.

Sin embargo la velocidad promedio diaria varía desde 5 km/hora hasta 25 km/hora, con una velocidad promedio mensual de 15 km/hora.

Tenemos localizadas al norte y al sur de la ciudad de Guatemala como las principales zonas industriales, pero por la escasa capacidad de nuestra industria, éstas no representan un problema; aunque es de esperar en el futuro nuevas fuentes industriales. De consiguiente una industria situada al norte, - todas sus impurezas vertidas al aire serán transportadas por - los vientos NNE sobre toda la ciudad, mientras que una situada en el sur tendrá muchas menos probabilidades de contaminar la ciudad debido a que los vientos SSW son mucho mas escasos.



## 2. EMISORES DE CONTAMINANTES

### 2.1. Emisiones de los Motores de Combustión Interna.

Se cree que los automóviles, autobuses y camiones producen distintos tipos de emisiones. Esto es parcialmente cierto, la verdadera diferencia estriba en el tipo de motor usado, autobuses y camiones usan indiferentemente motores de gasolina o diesel, mientras que los automóviles usan motores de gasolina. Debemos por lo tanto pensar en términos del motor en lugar del vehículo cuando hablamos de las emisiones de los combustibles. El tipo de vehículo en el cual un motor se usa tiene sin embargo una influencia en la cantidad y hasta cierto punto en el carácter de las emisiones. Los motores en los automóviles operan mas livianamente a aquellos en autobuses y camiones y sus emisiones cambian con el peso, velocidad y temperatura.

Los motores de gasolina y diesel operan por medio de combustibles de hidrocarburos que se obtienen de varios métodos de refinamiento del petróleo. Estos combustibles se queman dentro del cilindro en ambos motores, para convertirlos en energía mecánica. Para quemar el combustible se necesita aire, como una fuente de oxígeno que debe combinarse con el hidrógeno y carbono del combustible. Este proceso produce calor y en el espacio confinado del cilindro presión. Es esta presión que empuja el pistón y que por lo tanto hace dar vuelta al cigüeñal y por último empuja el vehículo.

Cuando el hidrógeno y carbono son los elementos que hacen al combustible combinarse con el oxígeno, se forma vapor de agua y anhídrido carbónico. Ambos productos de la ideal y completa combustión son invisibles, no pueden olerse y son inofensivos. Vemos a veces el agua salir por el tubo de escape cuando el motor y el aire están fríos.

Desafortunadamente la combustión en un motor casi nunca es completa. Los productos de la imperfecta com-

bustión son la principal causa del problema de la contaminación del aire del vehículo de motor. Uno de estos productos es el monóxido de carbono que emite el motor de gasolina. Numerosas otras sustancias se producen, pero usualmente en mucha menor cantidad. Los combustibles también contienen ciertos aditivos que son necesarios para dar la ejecución y vida que esperamos de los motores. Estos aditivos traen consigo cambios químicos durante la combustión, antes de ser emitidos a la atmósfera. También influye una cierta cantidad de aceite que se quema o parcialmente se quema en los cilindros. Si un motor está tan mal previsto que una gran cantidad de aceite es bombeada por el pistón dentro de la cámara de combustión, el vehículo hechará un montón de humo azul que proviene de aceite parcial o completamente quemado.

No es solamente en la salida del tubo de escape del vehículo que se descargan todas las sustancias en la atmósfera. Otro importante camino de escape es a través de la caja del cigüeñal del motor (Cárter).

A pesar de los grandes avances técnicos de ajustes del pistón una pequeña cantidad de gases de la cámara de combustión escapan del pistón dentro de la caja del cigüeñal. En el pasado estos gases se permitían pasar a la atmósfera pero ahora se usan artificios para evitar su descarga.

Otros vapores pueden también escaparse a través de salidas en el sistema de combustibles, esto es del tanque del combustible y del carburador. Comparando con las otras salidas anteriores la contribución a la contaminación del aire de esta fuente es mínima. En realidad la emisión total de contaminantes de un solo vehículo no es muy grande. Sino que es en la concentración de un gran número de vehículos en una área - particularmente en ciudades que crean el problema. La estimación que en 1970 habrán tres automóviles por cada dos en uso hoy día es lo que crea preocupación acerca de las emisiones del vehículo de motor, aún en áreas metropolitanas en las cuales la contaminación de aire no es seria.

Un motor de gasolina comprime una premezclada carga de aire y gasolina preparados por el carburador, esta carga es iniciada por un chispazo eléctrico haciendo quemar el combustible. La combustión es mas eficiente cuando hay ligeramente menos combustible a aquel que pudiera ser quemado completamente con el aire necesario. Bajo estas condiciones la emisión de contaminantes está a su mínimo.

Máxima potencia se obtiene con una mezcla que es ligeramente mas rica que la ideal, esto es, cuando hay más gasolina que puede quemarse con el aire necesario, es entonces que la emisión de contaminantes es significativa.

La realidad es que los motores están frecuentemente en un menos que perfecto estado de reparación y ajuste, - particularmente cuando ciertos componentes se deterioran con el tiempo. Mantenimientos escrupulosos y atención cuidadosa al sistema de ignición y otros ajustes podrían hacer muchísimo para reducir las emisiones de contaminantes a niveles tolerables.

El principal producto de la combustión incompleta es el Monóxido de Carbono, pero hay además otra gran variedad de productos tales como: peróxidos, aldehídos, cetonos, éteres, alcoholes, etc. ... que son la causa de excesivamente ricas mezclas. La composición de los gases de tubos de escape varía de motor a motor, cambia con la forma de operación y es influenciada hasta cierto punto por la composición química de los combustibles.

Se han encontrado en los escapes partículas en la forma de carbón y alquitrán que contienen hidrocarburos polinucleares y alifáticos, algunos de los cuales se sospecha de que sean cancerígenos.

Compuestos del plomo, del hierro (que provienen de aditivos antichoque y de la abrasión de partes del motor) y anhídrido sulfuroso son emitidos constantemente por los moto

res de combustión interna así como también pequeñas cantidades de otros materiales que se originan de los combustibles y lubricantes y de sus aditivos e impurezas.

Además de todas estas sustancias los motores emiten óxidos de nitrógeno que se producen por la combinación del oxígeno y nitrógeno en la combustión del aire y en presencia de altas temperaturas. Las concentraciones en el escape dependen de la temperatura prevaleciente en la cámara de combustión del motor y también de la cantidad de oxígeno y de gasolina que hay en la misma. Los óxidos de nitrógeno producen efectos tóxicos, también se sospecha de ellos, que juegan un importante papel en la reacción fotoquímica que tiende a la formación de la niebla contaminada (o sea el smog fotoquímico).

La gasolina evaporada que entra a la atmósfera sin pasar a través del motor consistirá principalmente de hidrocarburos volátiles. Aunque contienen los mismos constituyentes de los gases de escape, tienen un mucho mas alto contenido de hidrocarburos no quemados porque consisten en su mayor parte de mezclas de aire-gasolina que escapan de la cámara de combustión antes que se produzca la chispa de la ignición.

El motor diesel difiere del motor de gasolina en que usa mas espeso, esto es, combustible menos volátil; y comprime aire solamente en lugar de una mezcla de aire-combustible. El combustible se inyecta dentro de los cilindros en el mismo momento en que ocurre el chispazo eléctrico en el motor de gasolina, y que se autoignicia por contacto con el aire que ha sido calentado por compresión. La diferencia importante es que esta combustión no se verifica en una mezcla homogénea como ocurre en el motor de gasolina, sino alrededor y dentro del rociador de combustible al momento de ser inyectado. Por lo tanto la mezcla de aire-combustible será incompleta. Parte del combustible se quema bajo condiciones en las cuales insuficiente oxígeno está presente en el momento que se necesita.

Para prevenir que esto suceda, varios diseñadores de cámaras de combustión cambian esta mezcla, y menos combustible se inyecta del que debiera quemarse teóricamente con el ai

re necesario.

Cuando la combustión está pobre de oxígeno se forma carbón que es visible y conocido como el humo de escape negro diesel. Siendo el humo una indicación de incompleta combustión y también de un desperdicio de combustible, los fabricantes hacen lo posible para asegurar una completa combustión y para limitar la cantidad de combustible que debe ser inyectado en los cilindros. Cuando uno ve un motor diesel echando humo negro puede estar seguro que está pobremente mantenido o que alguien, para obtener un poco más de potencia, ha ajustado el motor de modo que reciba más combustible a aquel que el fabricante ha querido que recibiera. Falta de mantenimiento no significa más que un problema más grande que el de un filtro de aire sucio, el cual permite al motor recibir menos cantidad de aire que el necesario, o uno o más agujeros de inyección que no pueden atomizar y distribuir el combustible debidamente.

Trabajando con una porción de carga, el motor diesel rara vez hecha humo porque para reducir su entrada, solamente se reduce el tubo de combustible, de manera que la proporción de aire en la cámara de combustión aumenta. (En el motor de gasolina el aire y el combustible se introducen proporcionalmente de manera de mantener una constante relación aire-gasolina).

Como sabemos el diesel huele, el olor es a menudo atribuido a la emisión de aldehidos, pero su causa actual no ha sido todavía definida.

Las sustancias que producen olores son emitidas en más gran cantidad por motores diesel que por de gasolina y por causas algo distintas. Antes sin embargo se ponía el total reproche de los olores de escape en el motor diesel, pero ahora sabemos que motores de gasolina pobremente afinados pueden también generar una gran cantidad de olor. Muchas veces, personas expuestas al escape de un autobús creen que huelen un motor diesel, cuando el motor es realmente de gaso

lina.

Tan pronto como nos importe la emisión de otros contaminantes del aire, el diesel es definitivamente el problema menor, solamente porque su producción de monóxido de carbono es prácticamente cero, al menos cuando no hecha humo negro. Tan pronto como el humo aparece, el monóxido de carbono aparece y ambos aumentan juntos.

Otros constituyentes del escape no son verdaderamente diferentes a aquellos del motor de gasolina. Oxidos de nitrógeno se producen en cantidades algo mas grandes, mientras que hidrocarburos no quemados están casi ausentes.

Los gases del diesel que se escapan antes de entrar al motor contienen solamente pequeñas cantidades de contaminantes debido que el diesel comprime solamente aire. Y puesto que el diesel usa combustibles menos volátiles, las pérdidas de evaporación del tanque de combustible son despreciables. Los sistemas del combustible del diesel están cerrados, por lo tanto no hay camino de escape para los vapores.

Debido que el número de vehículos diesel relativamente es menor y porque ellos contribuyen poco al tráfico de las ciudades, siendo numéricamente la mayoría camiones pesados, poca investigación ha sido hecha en las emisiones del diesel. Actualmente no sabemos aún todo lo que hay que saber acerca de emisiones del motor de gasolina.

Algunas pruebas para entender el carácter y el juego de las emisiones de escape se han hecho por medio de instrumentos capaces de detectar y medir los varios constituyentes. Muchos de estos ocurren en muy bajas concentraciones que deben ser medidos en partes por millón.

En la tabla siguiente se dan las emisiones normales de los motores de gasolina y diesel, en libras por 1000 galones de combustible consumido:

Emissiones en lb/1000 gal.

Substancia	Motor de Gasolina	Motor Diesel
Acidos Orgánicos ...	4	31
Aldehidos .....	4	10
Amonia .....	2	-
Hidrocarburos .....	524	180
Monóxido de Carbono	2910	60
Oxidos de Azufre ....	9	40
Oxidos de Nitrógeno .	113	222
Párculas .....	11	110

Control de los Gases de los Motores de Combustión Interna

La industria automotriz está llevando a cabo un programa formal de investigaciones sobre el control de las emisiones de los automóviles, desde que se comprobó la participación de estas emisiones en la niebla contaminada de Los Angeles. Para controlar la formación de hidrocarburos en el tubo de escape se están desarrollando quemadores y catalizadores los cuales quemarán los hidrocarburos en el mismo tubo de escape del vehículo. Trabajos de investigadores recientes tratan de mejorar el combustible usado en el vehículo a manera de reducir considerablemente la formación de contaminantes.

El problema de los gases que se escapan de la caja del cigüeñal ha sido resuelto favorablemente, originalmente se pensaba que estos tenían poca importancia en la formación de hidrocarburos, después se comprobó que estos contenían aproximadamente el 40% de los hidrocarburos emitidos por el vehículo. En 1961 se anunció que todos los automóviles vendidos en California se equiparían con un sistema de ventilación que eliminaría esta fuente formadora de hidrocarburos.

El humo negro del motor diesel no representa problema con un control cuidadoso en las condiciones de uso y mantenimiento.

Un gran número de países han desarrollado legislaciones especificando condiciones deseables y han instituido programas de inspección regular para asegurarse que los vehículos están debidamente mantenidos.



## 2.2. La Contaminación del aire de la Industria y su Control

### 2.2.1. Emisiones Industriales

#### Partículas:

Las distintas clases de partículas emitidas difieren unas de las otras; generalmente el tamaño varía de 0.1 micra (1 micra igual a una milésima de milímetro) como el polvo del carbón negro hasta 1,000 micras como el polvo sucio.

Las partículas de 0.3 a 1 micra tienden a permanecer en la atmósfera y restringen la visibilidad; partículas mayores de 40 micras tienden a caer rápidamente al suelo cerca de la fuente de origen, aquellas entre 10 y 40 tienden a caer bastante mas lejos; los tamaños intermedios son variables en sus acciones.

Aunque los polvos generados por muchas industrias son comparativamente puros, el polvo industrial generalmente consiste de una mezcla de varios minerales. No contiene nada que no se encuentre en la substancia original, pero el porcentaje de distribución de sus varios constituyentes no es necesariamente el mismo que el del material original, ni tampoco es constante para diferentes tipos de partículas.

#### Humos:

La combustión es el común denominador de toda industria. Las industrias requieren calor o potencia, a veces ambos y todas (excepto en el caso de la potencia hidráulica) queman combustibles. La mayoría de los humos aparecen de la combustión ineficiente del carbón bituminoso y de desperdicios de madera. Otra fuente común del humo industrial es la combustión de desechos ya sea para la disposición de residuos o para recobrar materiales sobrantes.

La emisión de humos densos es innecesaria e inexcusable hoy día, mas adelante se hablará del control de gases y vapores.

### Olores:

La molestia mas grande y difícil que ocasiona la contaminación atmosférica es el olor, del cual la industria es la mayor participante.

La mayoría de los olores provienen de la evaporación y subsecuente pérdida de simples líquidos orgánicos durante el proceso de operaciones químicas, tales como hidrocarburos, alcoholes, aldehidos, aminas y mercaptanes, del uso de solventes, o de la putrefacción de la materia animal y vegetal. Operaciones de fermentación (como las panaderías) producen fuertes olores.

La dificultad de medir los olores, es que se pueden medir sólomente con la nariz, y las narices son muy variables. Una persona puede acostumbrarse a algunos olores y nunca se dará cuenta de que existen. De consiguiente hay mucha diferencia entre personas que les gusta o disgusta algo. Una persona se desviará de su camino para olfatear el aroma de una panadería cercana, y otra persona que vive a la puerta siguiente a la panadería se quejará que los intensos olores interfieren con su sueño. El verdadero problema de las refinerías de petróleo por ejemplo no son los hidrocarburos o gases, sino el típico olor desagradable dentro y cerca de la refinería.

El principal efecto de los olores industriales es la ofensa estética contra el sentido del olfato, y para muchos esto es una molestia distinta. Ocasionalmente un fuerte olor puede producir nauseas y vómitos.

### Substancias Tóxicas:

El gas de mas común irritación y potencialmente mas

tóxico es el anhídrido sulfuroso emitido por muchas industrias y aparece principalmente en la combustión del carbón y aceites pesados. Muchas industrias usan anhídrido sulfuroso en el proceso de operación y tienen pérdidas durante el mismo; industrias de este tipo son: fundiciones de hierro y acero, fabricación de la pulpa de la madera, fabricación de ácido sulfúrico, industrias químicas, etc.

El anhídrido sulfuroso en concentraciones moderadas puede utilizarse químicamente y puede recuperarse con lavadores de agua a un costo no muy grande. Soluciones con lavadores de agua y amonio pueden usarse pero a un precio in tolerable.

Otro de los contaminantes industriales son los fluoruros en sus formas de sodio y calcio. Los principales emittentes de fluoruros son: las industrias de acero, la fabricación de aluminio y superfosfato, en varias industrias de cerámica particularmente en la fabricación de ladrillo y teja.

El control con respecto a los fluoruros es sumamente variable, en una planta la adición de cal a una corriente de fluoruros convierte el ácido gaseoso en fluoruro de calcio el cual se puede remover con un precipitador eléctrico.

#### Las Principales Fuentes Industriales de la Contaminación Atmosférica

Clase de Industria	Aerosoles	Gases y Vapores
Producción de Cemento	Polvos y humos	Anhídrido Sulfuroso, Dióxido de Nitrógeno, Monóxido de Carbono.
Industrias Químicas.	Polvos, Nieblas, Humos, Pulverizaciones.	Anhídrido Sulfuroso, Monóxido de Carbono, Amoníaco, Aci-

Continuación

Clase de Industria	Aerosoles	Gases y Vapores
		dos, Compuestos orgánicos, disolventes, sustancias mal olientes y sulfuros según el caso.
Fertilizantes	Polvos y Humos	Compuestos orgánicos de Nitrógeno, Amoníaco.
Preparación de Productos Alimenticios.	Polvos, Nieblas	Toda clase de sustancias mal olientes.
Fundiciones de Metales y Electrometalurgia.	Polvos y Humos	Anhídrido Sulfuroso, Monóxido de Carbono, Fluoruros y Compuestos orgánicos.
Fundiciones de Hierro y Acero	Polvos y Humos	Anhídrido Sulfuroso, Monóxido de Carbono, Fluoruros y Compuestos orgánicos.
Fabricación de Piedra, Mármol yeso y Asbestos.	Polvos y Humos	Anhídrido Sulfuroso, Anhídrido Carbónico y Monóxido de Carbono.
Refinerías de Petróleo.	Polvos, Nieblas y Humos.	Hidrocarburos, Dióxido de Nitrógeno, Amoníaco, Monóxido de Carbono, Anhídrido Sulfuroso y Sulfuro de Hidrógeno.

Continuación

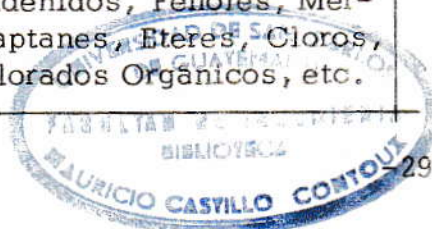
Clase de Industria	Aerosoles	Gases y Vapores
Combustiones	Polvos y Humos	Dióxido de Nitrógeno Anhídrido Sulfuroso, Monóxido de Carbono, Compuestos Orgánicos y Ácidos.

Algunos tamaños de Polvos y Humos Industriales en micras

Humos del Oxido de Zinc .....	0.01 - 0.4
Carbón Negro .....	0.01 - 0.2
Humos del Alkali del Cemento .....	0.1 - 3
Polvos de Harinas .....	1. - 75
Polvos Metalúrgicos .....	0.5 - 100.
Polvos del Carbón .....	1. - 100.
Polvos de las Fundiciones .....	1. - 1000.
Polvos del Cemento .....	3. - 100.
Polvos de los Fertilizantes .....	25. - 1000.
Polvo sucio .....	50. - 1000.

Operaciones Industriales que producen Olores

Clase de Industria	Material Oloriento
Industrias Químicas	Sulfuro de Hidrógeno, Amonia, Aminas, Alcoholes, Aldehidos, Fenoles, Mercaptanes, Eteres, Cloros, Clorados Orgánicos, etc.



Continuación

Clase de Industria	Material Oloriento
Fertilizantes	Compuestos orgánicos, Amonia, etc.
Productos Alimenticios	Desechos de Lecherías, Dulcerías, Panaderías, Pescaderías, elaboración de productos de Carne, efluentes de los asadores de Café, - desperdicios de cocinas, etc.
Industria en General.	La combustión del Caucho, Incineradores, Solventes de las Lavanderías, Asfaltos, etc.
Refinerías de Petróleo.	Compuestos de Azufre de los aceites y gasolinas, Mercaptanes, etc.
Fabricación de la Pulpa y Papel.	Compuestos de Azufre.
Fabricación de Jabones, Detergentes y artículos de Tocador.	Perfumes y grasas de Animales.
Tenerías.	Cabellos y Cueros.

## 2.2.2. Industrias Nacionales

El fortalecimiento industrial es una de las metas fundamentales en que se enfrenta Guatemala. Del crecimiento de la población, del crecimiento del comercio intercentroamericano, se requiere aumentar el ritmo de crecimiento de la industria manufacturera con la creación de nuevas plantas industriales y de la utilización mas completa y eficiente de las plantas existentes; todas las cuales deben ser planificadas y estudiadas para localizarlas en lugares tales que las condiciones meteorológicas favorezcan una rápida dilución atmosférica y al mismo tiempo prohibir la agrupación de las mismas cerca de receptores sensitivos como las zonas residenciales.

Se comprende pues la importancia de emprender trabajos de investigación para conocer las características principales de la evolución previsible de los complejos industriales y de orientar adecuadamente a la opinión pública.

A continuación se da una clasificación de las industrias con que cuenta el país, la cual está dividida en tres grandes grupos (Programa de Desarrollo Industrial para la República de Guatemala; Consejo Nacional de Planificación Económica);

- A) Industrias Tradicionales
- B) Industrias Intermedias
- C) Industrias Metalmeccánicas

### A) INDUSTRIAS TRADICIONALES

#### 1) INDUSTRIAS ALIMENTICIAS:

- a) Industrias de Carne
- b) Industrias de Productos Lácteos
- c) Industria de Conservas de Frutas y Legumbres
- d) Industria del Procesamiento y Envase de Pescado y Mariscos.

- e) Productos de Molino
  - f) Productos de Panadería
  - g) Ingenios y Refinerías de Azúcar
  - h) Industrias de Confites y Chocolates
  - i) Industrias Alimenticias diversas
- 2) INDUSTRIAS DE BEBIDAS
- 3) INDUSTRIAS DE TABACO
- 4) INDUSTRIA TEXTIL:
- a) Hilados, Tejidos y Acabado de Textiles
  - b) Tejido de Punto
  - c) Cordaje, Soga y Cordel
- 5) INDUSTRIA DE CALZADO, VESTUARIO Y OTROS ARTICULOS CONFECCIONADOS CON MATERIALES TEXTILES:
- a) Fabricación de Calzado
  - b) Industrias de Prendas de Vestir
- 6) INDUSTRIA DE LA MADERA Y EL CORCHO
- 7) INDUSTRIA DE MUEBLES
- 8) IMPRENTAS, EDITORIALES E INDUSTRIAS CONEXAS
- 9) INDUSTRIAS DE CUERO
- 10) INDUSTRIAS MANUFACTURERAS DIVERSAS
- B) INDUSTRIAS INTERMEDIAS
- 1) INDUSTRIA DEL PAPEL Y PRODUCTOS DEL PAPEL:
- a) Fabricación de Pulpa, Papel y Cartón
  - b) Fabricación de Artículos de Pulpa de Madera, Papel y Cartón.
- 2) INDUSTRIA DEL CAUCHO
- 3) PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO Y DEL CARBON
- 4) PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS:



- a) Productos de Arcilla para Construcción
  - b) Vidrio y productos de Vidrio
  - c) Objetos de Barro, Loza y Porcelana
  - d) Fabricación de Cemento
  - e) Otras
- 5) INDUSTRIA QUIMICA:
- a) Productos Químicos Esenciales
  - b) Aceites, Grasas Vegetales y Animales
  - c) Industria de Pinturas, Barnices y Lacas
  - d) Otras
- C) INDUSTRIAS METALMECANICAS
- 1) FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS, EXCEPTO MAQUINARIA Y EQUIPO DE TRANSPORTE.
  - 2) CONSTRUCCION DE MAQUINARIA, EXCEPTO MAQUINARIA ELECTRICA.
  - 3) CONSTRUCCION DE MAQUINARIA, APARATOS ACCESORIOS Y ARTICULOS ELECTRICOS.
  - 4) CONSTRUCCION DE MATERIAL DE TRANSPORTE.

### 2.2.3. Métodos de Control

Una variedad de métodos de control se utilizan en la industria para reducir las emisiones hasta el punto en que la calidad del aire es aceptable. En algunos casos las industrias están localizadas con respecto a las personas, plantas y animales que no es necesaria ninguna disminución de las emisiones. Generalmente el valor de los daños ocasionados cubrirá el costo de equipo para coleccionar los contaminantes. El equipo de control requiere la inversión de un capital y trae nuevos costos de operación sobre un proceso no controlado. Para una solución equitativa el costo de control debe

pesarse contra la frecuencia, severidad y naturaleza del efecto causado por el contaminante. Afortunadamente hay equipo de varios costos y eficiencia para el control de muchos contaminantes.

El control puede hacerse controlando el contaminante en la fuente o diluyendo el contaminante en la atmósfera a una concentración no perjudicial para las personas, animales y plantas. En el primer caso la forma mas positiva de controlar la contaminación es previniendo su existencia mejorando el proceso de combustión o cambiando los procesos de operación; de ser esto imposible se requerirán equipo e instalaciones que destruyan o atrapen los contaminantes inmediatamente después de ser emitidos. En el segundo caso se hace controlando las condiciones meteorológicas existentes, es decir que se cortarán o interrumpirán las operaciones industriales durante períodos de condiciones meteorológicas adversas; o también usando altas chimeneas a manera que las corrientes de aire diluyan los contaminantes a concentraciones pequeñas cuando estas intentan llegar al suelo.

Para descubrir las instalaciones de control en la fuente de contaminación industrial del aire convendrá distinguir dos grupos principales según que estén destinadas a combatir la descarga de aerosoles y líquidos o las emisiones gaseosas.

Al tratar de eliminar las partículas de una corriente de aire es frecuente encontrar una gran variedad en el diámetro y concentración de aerosoles por lo que se necesita una variedad de colectores para resolver el problema.

#### 2.2.3.1. Algunas de las Instalaciones para Combatir la Emisión de Aerosoles, Sólidos y Líquidos.

##### Cámaras de Sedimentación por Gravedad.

Esta es la instalación mas sencilla y consiste en un espacio en que se reduce la velocidad del gas vector con el objeto de que la acción de la gravedad separe de la corriente las partículas. Suele emplearse en este tipo aletas de orientación y placas distribuidoras de la corriente de modo que la velocidad sea lo mas uniforme y el grado de turbulencia sea bajo con relación a la velocidad de sedimentación. En la práctica este método no se emplea para recoger partículas cuyo diámetro es inferior a 40 micras por la magnitud desmedida que debería tener la instalación.

El rendimiento de esta instalación se expresa en la siguiente ecuación:

$$e = \frac{\mu \cdot A}{Q} \approx 1$$

$e$  = rendimiento de la cámara de sedimentación.

$\mu$  = velocidad límite de sedimentación

$A$  = superficie de la proyección horizontal de la cámara.

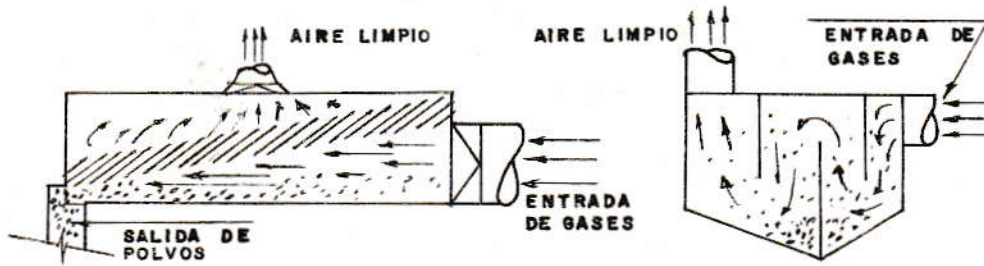
$Q$  = caudal de la corriente de gas

### Separadores por Inercia

Estos aparatos aprovechan la inercia relativamente mayor de las partículas para separarlas del gas; los hay de dos clases, los simples aparatos interceptores y los ciclónicos.

Los primeros se basan en que la corriente de gas cargada de partículas es desviada mediante un obstáculo, pero las partículas dotadas de una inercia mas fuerte tienden a abandonar la trayectoria del gas y chocan con la superficie interpuesta. El mas sencillo de estos aparatos es la cámara provista de pantallas de desviación, hay otro tipo que se compone de dos grupos de placas de choque dispuestas en serie y un tercer tipo lo forman los separadores de persiana. El rendimiento

dimiento de estos aparatos aumenta con el diámetro de las partículas, la velocidad del gas, la densidad de las partículas y disminuye cuando aumentan las distintas superficies de intercepción y la viscosidad del gas.



**Fig. 1. Colector de Persiana**

**Fig. 2. Interceptor con Pantallas de Desviación**

Separadores Ciclónicos:

Este es el tipo de colector mas barato y el que mas importancia tiene. Está formado por una cámara cónica provista de una abertura por donde los gases cargados de partículas entran tangencialmente y de otra abertura para darles salida. El gas sigue una trayectoria en espiral, primero hacia abajo y luego hacia arriba de la cámara. El rápido movimiento del gas proyecta las partículas impulsadas por la fuerza centrífuga hacia las paredes de la cámara y luego caen por gravedad hacia la parte inferior. Durante la centrifugación la velocidad de rotación del gas llega a ser varias veces superior a la velocidad media de entrada.

La eficiencia de este aparato depende de la distribución del tamaño de partículas. El tamaño crítico es el tamaño de la partícula mas pequeña que puede removerse totalmente (con 100% de eficiencia). Todas las partículas mayores al tamaño crítico alcanzan las paredes de la cámara, pero las partículas menores no todas alcanzan las paredes, dependiendo de la distancia inicial a las mismas; por lo tanto la eficiencia

para estas partículas es menor de 100%.

Las curvas de eficiencia para los separadores ciclónicos se obtienen de experimentos prácticos, haciendo prototipos geoméricamente similares a las condiciones de instalación, y reproduciendo exactamente el caudal de la corriente de gases, temperaturas, cambios de presión, etc.

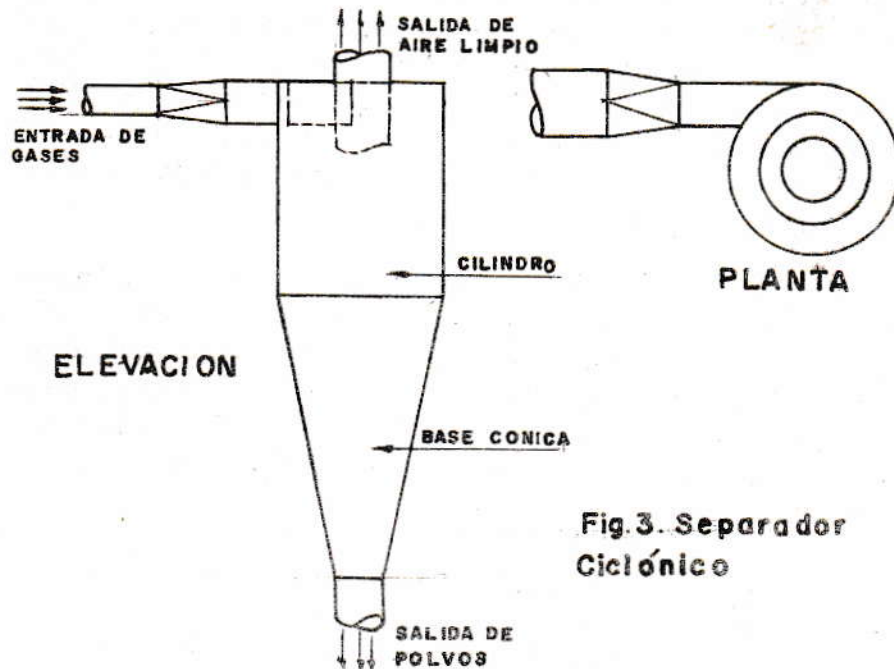


Fig.3. Separador  
Ciclónico

El uso de los separadores ciclónicos está muy extendido en la eliminación de partículas suspendidas en los gases procedentes de operaciones industriales tales como: la fabricación de cemento, la de preparación de piensos y forrajes la de alimentos y bebidas, el beneficio de minerales y las industrias textiles del papel y de la madera.

#### Lavadores:

Los lavadores son dispositivos que emplean un líquido para separar total o parcialmente la materia dispersa, -

sólida o líquida de la corriente de un gas. Frecuentemente el lavado se hace con agua, pero en algunos casos especiales se ha recurrido a otros líquidos. Los tipos de lavado son muy diversos y varían grandemente unos de otros. A veces - consiste sencillamente de un colector en seco que permite la entrada de un líquido con objeto de facilitar la eliminación de las partículas e impedir que vuelvan a dispersarse. En general los lavadores retienen las partículas mediante alguno de los mecanismos siguientes empleados por separado o en combinación: a) por impacto de las partículas en un medio líquido b) por aumento de peso y volumen de las partículas como consecuencia de la condensación de vapores del medio líquido sobre las partículas.

El primer caso es el mas simple y consiste de una corriente de un líquido a la que se le hace chocar la corriente de gas dentro del colector. El líquido retiene las partículas y las lleva para su ulterior disposición. Debido a la simplicidad del sistema a menudo llamado "de irrigación" se puede usar conjuntamente con otros dispositivos colectores a fin de aumentar la recogida de partículas.

En el segundo caso se hace aumentar el tamaño de las partículas a fin de recogerlas mas fácilmente por medio - de otros métodos. El tamaño efectivo de las partículas se - aumenta por la condensación del vapor de agua sobre las partículas y por intercepción de las partículas con las gotas de agua.

La eficiencia de los lavadores es teóricamente independiente de la concentración de partículas pero depende - directamente del tamaño. Partículas muy pequeñas se coleccionan con lavadores de gran energía aumentando considerablemente el caudal de gases y líquidos, a fin de que aumente la presión dentro del colector.

Entre los dispositivos mas conocidos de este tipo tenemos: La Torre de Gravedad, El Lavador de Choque, Los Lavadores Centrífugos y Los Lavadores Ciclónicos.

### Filtros:

Se utilizan filtros de tela para recoger partículas - extremadamente finas, siempre que sea posible mantener con condiciones adecuadas de temperatura, humedad y corrosión.

Su aplicación sigue en importancia a la de los separadores ciclónicos en la eliminación de contaminantes industriales. Actualmente se usan dos tipos de filtros: uno en que sirve de colector un medio fibroso y otro en que se aprovecha el medio para sostener una capa de partículas reteni - das que se convierten así en el principal elemento colector. Los modelos mas conocidos son del tipo de bolsas tubulares y el tipo de bolsas rectangulares. En estos tipos los gases vectores de partículas llegan a la cámara de entrada y se des vían al chocar con una placa o pantalla que invierte la direc - ción del gas, lo que hace caer por gravedad las partículas - mas pesadas en la tolva; el gas asciende luego por los aguje - ros a los sacos o bolsas y sale de ellos a través de la tela, dejando las partículas aglomeradas en el interior de los sacos, los cuales se limpian periódicamente mediante una com - binación de movimientos de golpeteo, sacudimiento o vibra - ción o con una corriente de aire en resultado contrario para - que la materia adherida se desprenda y caiga en la tolva.

Al principio del período de operación, las partícu - las considerablemente mas pequeñas que los vacíos formados por el medio fibroso son retenidas ya sea por choque o por di - fusión en el medio, disminuyendo los vacíos formados por - los hilos de la tela, es durante este período que el filtro al - canza su máxima eficiencia. Sin embargo para evitar una - presión excesiva, la tela debe limpiarse periódicamente, por lo que inmediatamente después de limpiada, el filtro opera - bajo una reducida eficiencia.



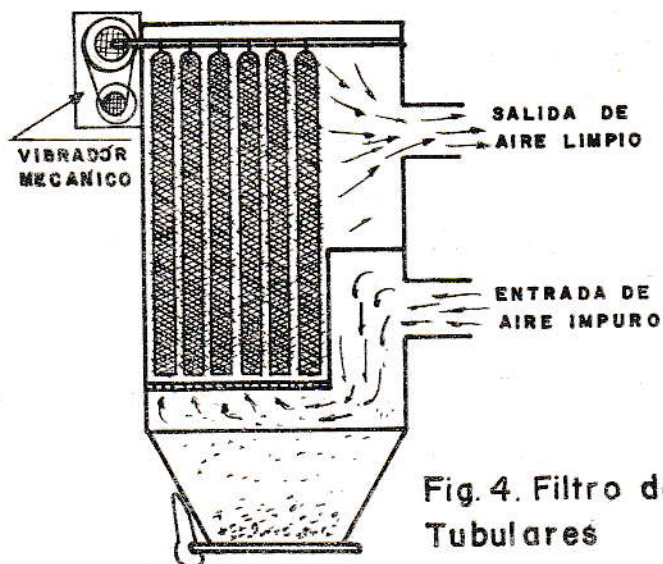


Fig. 4. Filtro de Bolsas Tubulares

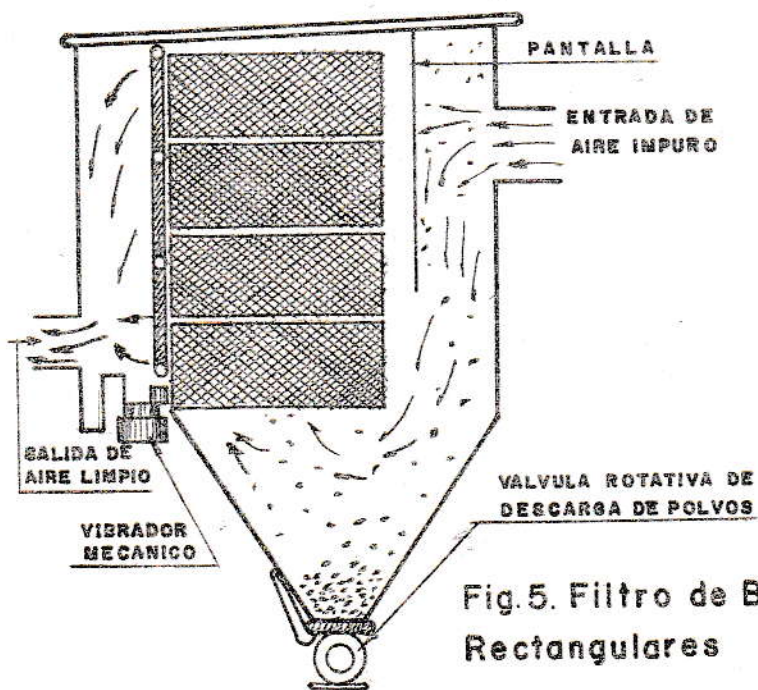


Fig. 5. Filtro de Bolsas Rectangulares



### Precipitadores Eléctricos:

Estos se aplican en instalaciones industriales que requieren un gran rendimiento debido a las partículas de todos tamaños y fuertes concentraciones. Tienen un bajo costo de operación y un elevado costo de instalación por lo tanto se usan en condiciones que requiere un funcionamiento intenso.

La precipitación eléctrica se practica haciendo pasar el gas cargado de partículas entre dos electrodos, uno de descarga y otro colector a los que se aplica una diferencia de potencial muy elevada y continua. En razón de la diferencia de los radios de curvatura y de la gran diferencia de potencial entre los electrodos, se produce en la zona del primer electrodo un poderoso campo de ionización. Cuando las partículas suspendidas en el gas pasan por ese campo de ionización se cargan de electricidad y bajo la acción del poderoso campo eléctrico formado entre los dos electrodos, se dirigen hacia el electrodo colector de carga opuesta, donde se depositan, pierden su carga y por percusión, vibración o lavado, se desprenden y caen en la tolva.

De consiguiente la recogida de partículas se hace en cuatro pasos:

- a) Carga eléctrica de las partículas por medio de la ionización.
- b) Transporte de las partículas cargadas por medio de la fuerza ejercida por el poderoso campo eléctrico hacia el electrodo colector.
- c) Neutralización de las partículas eléctricamente cargadas en el electrodo colector.
- d) Recogida de las partículas depositadas en el electrodo colector.

Existen dos tipos de precipitadores, los de una etapa y los de dos etapas. Los primeros combinan las operaciones

de ionización y colección en un solo paso; en los segundos hay una etapa de preionización seguida por la colección, su principal campo de aplicación es en las plantas de aire acondicionado.

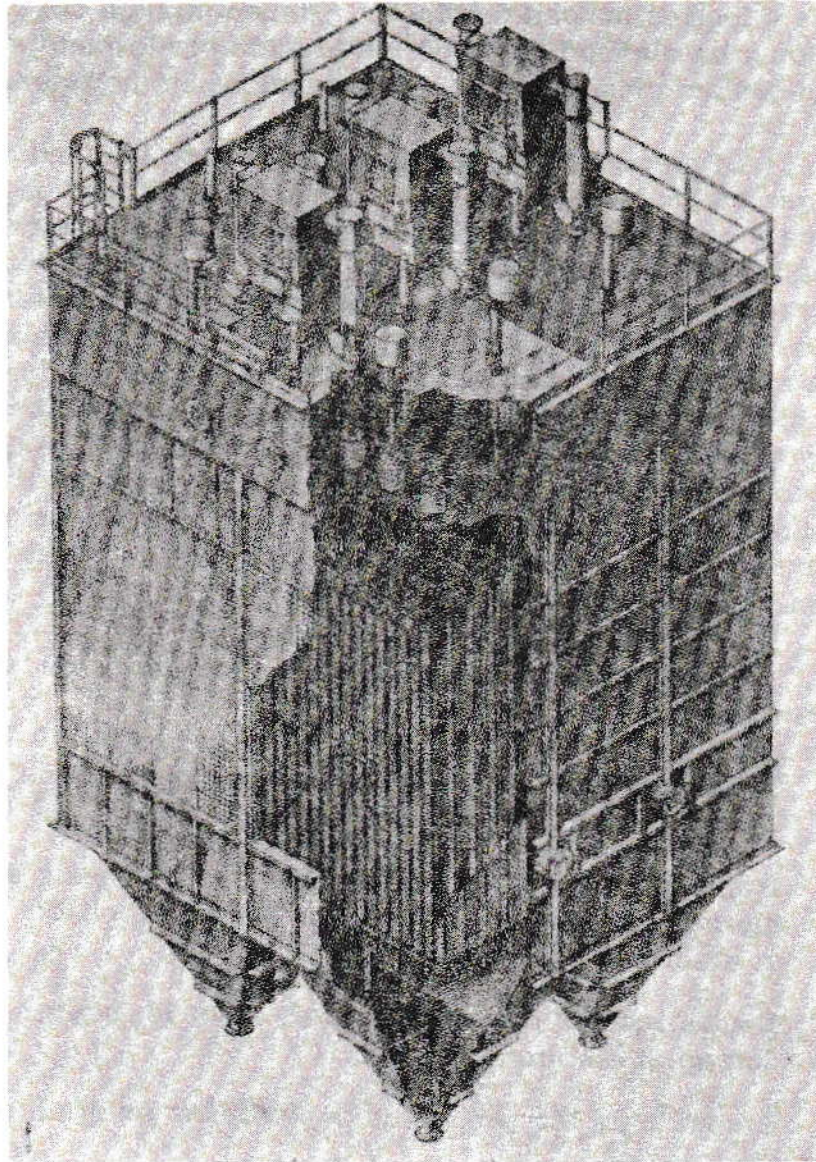


Fig. 6 Vista isométrica de un precipitador eléctrico, fabricado por Research Cottrell, Inc.

#### 2.2.3.2. Procedimientos para la Eliminación de Contaminantes Gaseosos.

Los medios para combatir los gases y los olores perniciosos no son todavía objeto de información, porque las propiedades físicas y químicas y las concentraciones son en cada caso de una variedad extrema. Las instalaciones empleadas para este procedimiento se fundan en la combustión, en la absorción y en la adsorción.

El método de la combustión se aplica cuando los contaminantes son oxidables, en general se emplean para destruir contaminantes orgánicos exponiéndolos a temperaturas mayores de 650 °C. El costo de esta técnica es excesivo cuando el gas emitido no es buen combustible, está muy húmedo o su volumen es muy grande. En general este aparato consiste en una única cámara de combustión que mantiene una temperatura apropiada para la oxidación continua de los contaminantes gaseosos. Se usa principalmente en las industrias de pinturas y barnices para combatir los humos de las calderas y en las industrias de café para destruir olores de los gases de expulsión.

La técnica de la absorción se basa en el paso de las corrientes de gases a través de un absorbedor que contiene un líquido absorbente el cual remueve o modifica uno o varios de los contaminantes. Por lo común se escoge una materia de gran capacidad de absorción, y que no provoque una presión opuesta, lo que se consigue cuando el gas que ha de ser absorbido es muy soluble en el absorbente. Los líquidos absorbentes pueden ser no-reactivos y reactivos; los líquidos no reactivos disuelven los gases sin que ocurra ninguna reacción química, los líquidos reactivos remueven los contaminantes a través de una reacción química, transformándolos en compuestos menos ofensivos. Este método se usa en operaciones industriales en que las concentraciones de gases indeseables son bastante grandes con relación al total del gas transportado. En general se usan los absorbentes para remover anhídrido sulfuroso, sulfuro de hidrógeno, anhídrido sul-

fúrico, fluoruros y óxidos de nitrógeno.

El método de la adsorción es un proceso de difusión en el que se hacen pasar las corrientes de gases a través de superficies de adsorción muy extensas. Estas superficies contienen unos sólidos porosos que atraen y retienen los gases. En la práctica la capacidad de adsorción, el espesor de la capa adsorbente y las condiciones de reparación se suelen establecer experimentalmente para un problema determinado de adsorción.

La adsorción permite limpiar por completo un gas en que la concentración de contaminantes es muy baja. Los materiales adsorbentes más usados son el carbón activado, la gel de sílice, la alúmina activada y el cloruro de litio.

La desadsorción se hace elevando la temperatura de la capa adsorbente arriba del punto de ebullición del contaminante adsorbido, lo que hace que se desprenda debido a la diferencia entre sus puntos de ebullición.

En el control de los contaminantes gaseosos, al contrario del control de los aerosoles sólidos y líquidos debe tratarse en lo posible de evitar la formación del contaminante por medio de una combustión completa con un equipo debidamente diseñado, y mantenimiento adecuado.

#### 2.2.3.3. El Problema Económico

La mayoría de los problemas de contaminación industrial son susceptibles a métodos económicos de control. Aquellos que no pueden controlarse económicamente es porque producen niveles altos de contaminantes para los cuales se justifica una adecuada instalación de control.

Generalmente los problemas de la contaminación -

### 3. EFFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

#### 3.1. Efectos de la Contaminación del Aire sobre la Salud

El aire que respiramos puede en determinadas circunstancias transportar infecciones debidas a bacterias y virus y provocar intoxicaciones y enfermedades alérgicas. Sin embargo hay muchas discrepancias entre las autoridades sanitarias acerca de la influencia que puede tener sobre la salud ciertos gases y aerosoles, excepto cuando esas substancias contaminan el aire en los lugares de trabajo.

Las impurezas contenidas en el aire no son forzosa mente perjudiciales, depende de su naturaleza química, algunas pueden ser dañinas cuando existen en el aire en pequeñas concentraciones y otras cuando su concentración es elevada.

No es raro que el aire de las fábricas, de los talleres y de las minas esté contaminado y los efectos de esa contaminación deben ser de una preocupación general tanto para las autoridades sanitarias y laborales así como también para los sindicatos y empresarios. Debido a que los lugares de trabajo son lugares cerrados, la concentración de agentes no civos suele ser mayor que la existente en el aire libre de los alrededores. Las investigaciones recientes de enfermedades profesionales ha facilitado el conocimiento de los efectos que la contaminación del aire puede tener para la salud y han permitido fijar límites de seguridad para la exposición a las impurezas industriales mas conocidas. Desde luego no es recomendable aplicar esos mismos límites de seguridad al caso de contaminación del aire en poblaciones por las razones enumeradas a continuación: a) el tiempo de exposición en el lugar de trabajo es de solo ocho horas mientras que en una población dura las veinticuatro horas del día; b) los trabajadores industriales son personas adultas y de buena salud, en tanto que en una población hay toda clase de personas, enfermos y sanos, ni-

del aire en fábricas viejas son mucho más difícil de resolver que en las nuevas. Es mucho más simple y barato incluir moderno equipo de control en el diseño de una nueva planta que encontrar espacio en una vieja aún para una unidad más pequeña. En realidad en muchas plantas viejas es casi imposible hacer alguna clase de alteración en el equipo, de consiguiente es preferible comprar equipo nuevo. Por otra parte las gerencias tienen la obligación moral de diseñar sus nuevas plantas dándole una alta prioridad a la forma de evitar la contaminación atmosférica.

ños y viejos, etc. y c) la exposición intermitente como la que ocurre en la industria, permite al organismo recuperarse de los daños sufridos; mientras que la exposición continua disminuye considerablemente las posibilidades de recuperación.

Estudios hechos en la Gran Bretaña sobre enfermedades crónicas han demostrado que hay una notoria relación entre concentraciones de morbilidad y mortalidad provenientes de bronquitis crónica y la contaminación atmosférica por una parte, y morbilidad proveniente del cáncer del pulmón y contaminación atmosférica por la otra. Ambas condiciones son más comunes en áreas urbanas que en áreas rurales. Claras relaciones debidas al humo del cigarrillo a ambas condiciones anteriores se han establecido también en la Gran Bretaña. La atención debe prestarse a tres tipos de exposiciones: contaminación atmosférica en lugares de trabajo, contaminación atmosférica en poblaciones y la contaminación atmosférica asociada con el humo del cigarrillo.

De estudios experimentales y epidemiológicos se establece que algunos individuos son más sensitivos a la contaminación atmosférica que otros. Por lo tanto es de esperar que algún día sea posible determinar cuales individuos son más susceptibles a inhalar impurezas y dirigir preventivos esfuerzos a estos individuos.

#### Fisiología de los Pulmones:

Se ha estudiado la habilidad de los pulmones de mover aire hacia adentro y hacia afuera, haciendo medidas de la resistencia al flujo dentro de los conductos de aire de los pulmones por medio de muy sensitivos instrumentos. Al aumentar la resistencia al flujo de aire aumenta la cantidad de trabajo que debe hacerse al respirar. Bajas concentraciones de anhídrido sulfuroso, polvos inertes en dosis suaves y el humo de un solo cigarrillo han todos producido aumentos en la resistencia al flujo de aire.

El fisiólogo clínico pulmonar piensa en el ser humano como un pulmón el cual se inunda intermitentemente con el aire de los alrededores a través de un tubo o camino por el cual fluye. Cuando la persona inspira llena su pulmón con aire ambiente. La cantidad máxima de aire que el pulmón de un individuo puede contener se le llama Capacidad Total del Pulmón. El pulmón puede expeler una cantidad de aire que se llama Capacidad Vital.

Se llama Volumen Residual a la cantidad de aire remanente en el pulmón después de haber ejercido el máximo esfuerzo expiratorio. El volumen de aire remanente en el pulmón después de una expiración normal es mayor al Volumen Residual y se determina con la facilidad con que el aire fluye a través de los conductos o sea la resistencia de los conductos al paso del aire, y la facilidad con que el pulmón se colapsa. Al final de la expiración normal los conductos de aire se acortan y sus diámetros se hacen mas estrechos, en este punto los conductos de aire no representan excesiva resistencia al flujo del aire. Al hacer inspiraciones y expiraciones máximas el aire sale de los pulmones hasta que se quedan con el Volumen Residual, a medida que el aire va saliendo los conductos ofrecen mayor resistencia al paso del aire, se acortan y decrecen en tamaño, hasta que se cierran completamente y la expiración se detiene. Durante las últimas etapas de la expiración la resistencia de los conductos aumenta considerablemente al mismo tiempo que decrece el tamaño.

Los conductos del paso de aire se inflaman por efecto de irritantes inhalados, las paredes se ensanchan y decrece el diámetro del conducto. Los conductos se ensanchan y alargan con la inspiración y se acortan y estrechan con la expiración. El ensanchamiento de las paredes de los conductos afectará particularmente la resistencia de expiración la que a su vez afectará el volumen de los pulmones, los conductos se cerrarán antes aumentando el Volumen Residual, el individuo respirará a un nivel más alto a efecto de inhalar más cantidad de aire, y el pulmón se estirará más a inspiración completa para ayudar a expeler el aire a través de los conduc



tos estrechos.

Por lo tanto la respuesta del pulmón normal o el enfermo a los irritantes inhalados, es un aumento de la resistencia al flujo de aire de los conductos expiratorios, a menudo acompañados por un aumento en el volumen de los pulmones. Si un individuo tiene el pulmón dañado permanentemente, los tejidos del pulmón perderán elasticidad y los conductos tenderán al colapso.

Examinaremos ahora varios de los gases que han sido objeto de especial atención como contaminadores del aire:

#### Anhídrido Sulfuroso:

El anhídrido Sulfuroso está presente en la atmósfera de muchas ciudades y proviene sobre todo del consumo de combustibles que contienen azufre. Este gas se encuentra en cantidades apreciables en atmósferas de poblaciones en donde el carbón y algunos aceites pesados son las principales fuentes de energía.

Los desastres de contaminación del aire en Londres y en el estado de Donora, fueron causados en su mayor parte por altas concentraciones de anhídrido sulfuroso.

Se ha comprobado en investigaciones recientes que ciertas personas son especialmente vulnerables a la inhalación de azufre. Por ejemplo exposiciones prolongadas a relativamente bajos niveles de anhídrido sulfuroso se han asociado con el aumento de la morbilidad cardiovascular en personas de edad avanzada; exposiciones prolongadas a altas concentraciones de anhídrido sulfuroso ha sido asociado con un aumento de las tasas de muertes debidas a inflamaciones de las vías respiratorias.

En otros estudios se demostró que la incidencia anual de enfermedades respiratorias era directamente proporcional

al nivel anual de anhídrido sulfuroso. Cuando subía el nivel de concentración de anhídrido sulfuroso al mismo ritmo aumentaba la incidencia de enfermedad. En determinadas condiciones, una parte del anhídrido sulfuroso presente en el aire se oxida debido en parte a la energía solar disponible y a varios compuestos metálicos dando como resultado el anhídrido sulfúrico ( $\text{SO}_2$ ), que mas bien que un gas es un vapor irritante. De experimentos de inhalaciones en animales y el hombre, se desprende que al anhídrido sulfúrico tiene una acción irritante muy fuerte, mucho mas enérgica que la del anhídrido sulfuroso, y que incluso en concentraciones pequeñas, causa graves broncoespasmos.

Porciones de anhídrido sulfuroso y anhídrido sulfúrico en presencia de vapor de agua se transforman en ácido sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) y ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) respectivamente.

Las tablas siguientes nos dan los porcentajes en peso de azufre de algunos combustibles usados en los Estados Unidos.

% en peso de azufre contenido en el carbón para los Estados Unidos en 1955.-

Clases de Carbón	Porcentaje en peso del Contenido de Azufre		
	Mínimo	Medio	Máximo
Bituminoso	0.3	2.0	7.9
Antracita	0.4	0.6	1.4

% en peso de azufre contenido en la gasolina para motores utilizados en Estados Unidos en 1956-1957.-

Clases de Gasolina	Porcentaje en peso del Contenido de Azufre		
	Mínimo	Medio	Máximo
Ordinaria, índice de octano 89.1	0.000	0.063	0.428
Superior, índice de octano 96.7	0.000	0.051	0.207

% en peso de azufre contenido en el aceite pesado para motores Diesel, utilizados en Estados Unidos en 1956.-

Clases de Aceite	Porcentaje en peso del Contenido de Azufre		
	Mínimo	Medio	Máximo
1-D	0.008	0.168	0.78
2-D	0.06	0.363	1.06
4-D	0.12	0.346	1.00

Ozono:

El ozono es un gas que ejerce una acción irritante en las vías respiratorias y que penetra mucho más profundamente en los pulmones que los óxidos de azufre. A niveles bajos el ozono irrita la nariz y la garganta después de 10 a 30

minutos de exposición. A niveles más altos y exposiciones ligeramente más largas, el ozono produce tos, sofocamiento y fatiga. A niveles relativamente altos, tales como los que se producen durante el smog fotoquímico el ozono interfiere con la función de los pulmones; por ejemplo se ha determinado en el laboratorio que exposiciones en personas normales a 0.6 a 0.8 p.p.m. de ozono reducen la Capacidad Vital del pulmón, y forzan el Volumen Residual de espiración. Estos efectos perduran hasta 24 horas en algunas personas y son acompañados por irritación de los bronquios, tos ligera, y dolores en el pecho.

No se tiene mucha información de los efectos de una exposición prolongada del ozono sobre las personas, pero se tiene completa información de estos efectos sobre animales lo que se estudiará mas adelante.

#### Monóxido de Carbono:

Los efectos nocivos del monóxido de carbono se deben a su afinidad por combinarse con la hemoglobina de la sangre. Cuando en los glóbulos rojos de la sangre circulante se une a la hemoglobina, una cantidad suficiente de monóxido de carbono, se produce una disminución en la cantidad de hemoglobina disponible para combinarse con el oxígeno, con la consiguiente reducción en la cantidad de este último gas que llega a los tejidos.

El problema del monóxido de carbono ha adquirido mucha importancia en los últimos años a causa del aumento constante del número de automóviles cuyos tubos emiten cantidades apreciables del gas. Es difícil que la concentración de este gas en las calles citadinas lleguen a 100 p.p.m. que es la concentración considerada como límite máximo admisible en la industria. Sin embargo la concentración de monóxido de carbono que se encuentra en algunas calles afecta a personas particularmente predispuestas como las que sufren ya una enfermedad asociada a una disminución en la capacidad

del transporte de oxígeno en la sangre o los que padecen enfermedades cardiopulmonares. Concentraciones mas altas ocurren en los garages, túneles o atrás de los automóviles.

La toxicidad del monóxido de carbono no es acumulativa en su modo de acción sobre el organismo, mas bien causa una intoxicación aguda consecutiva a la exposición a concentraciones elevadas del gas en el aire, pero no una intoxicación crónica por exposición prolongada a concentraciones bajas. Aunque las excepciones a esta regla son los casos mencionados de personas que sufren ya una disminución en la capacidad del transporte de oxígeno en la sangre o una enfermedad cardiopulmonar.

El monóxido de carbono es doblemente peligroso - cuando una persona está cansada, ha tomado bebidas alcohólicas, o está bajo tratamiento con drogas como los tranquilizantes.

El Departamento de Salud Pública de California, estableció serios niveles de normas en el año 1960, en ellas indicaba que exposiciones a 30 p.p.m. de monóxido de carbono durante ocho horas o 120 p.p.m. durante una hora ocasionaría serias molestias a personas sensitivas.

El problema de los gases y aerosoles procedentes de los tubos de escape de los automóviles requiere estudios mucho mas detenidos. De los trabajos preliminares que se han llevado a cabo se desprende que la composición de las exhalaciones depende de muchos factores, entre ellos el diseño del motor, su funcionamiento, su mantenimiento y el tipo de carburante utilizado.

#### Fluoruros:

Los fluoruros comprenden otro grupo de sustancias cuyas emanaciones proceden sobre todo de los procesos industriales siguientes: fabricación de abonos artificiales, produc

ción de aluminio y de ciertas modalidades de la producción de acero.

Los fluoruros muy reactivos químicamente irritan las superficies expuestas del organismo, la piel y algunas membranas en concentraciones algo elevadas. Pero es poco todavía lo que se sabe acerca de los efectos en el hombre. Son más conocidos los daños al ganado que pacen en lugares próximos a fábricas que emanan fluoruros debido a que éstos comen forraje contaminado por esos cuerpos y beben agua más o menos contaminada.

#### Agentes Cancerígenos:

Se sabe desde hace tiempo que la exposición a ciertos lugares de trabajo puede ser causa de cáncer en personas susceptibles, por lo tanto es de suponer que los mismos agentes cancerígenos estén presentes asimismo fuera de los lugares de trabajo, en la atmósfera de las respectivas poblaciones y que afecten de este modo a otras personas. Aún cuando los agentes cancerígenos conocidos son muy escasos al aire libre, pueden tener una importancia considerable para el hombre, dado que los períodos de exposición durante toda la vida adquieren sumados unos a otros, una gran importancia.

En estudios recientes se ha establecido que los agentes cancerígenos se encuentran en cantidades mayores en la atmósfera de poblaciones urbanas que en las zonas rurales. Otras evidencias señalando este "factor urbano" indica que individuos que han nacido en áreas rurales pero que más tarde vivieron en ciudades tuvieron una relación más fuerte en la inducción de cáncer del pulmón que aquellos que han vivido toda su vida en áreas metropolitanas. Una explicación para la relación mas grande del factor urbano es que está mas directamente afectado por el humo del cigarrillo por el hecho de que hay mas fumadores en las ciudades.

Parece por lo tanto que el cáncer humano tiene cau-

sas múltiples, como en otras enfermedades y que esta diversidad interviene tanto si se considera la enfermedad como un fenómeno colectivo como si se presenta en un individuo.

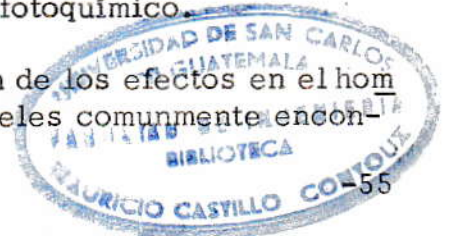
Entre los agentes cancerígenos se han señalado el benzopireno, el benzoantraceno, el pireno, el fluoranteno y otros compuestos orgánicos policíclicos que proceden de la combustión incompleta de hidrocarburos y otras materias carbonosas. Se ha demostrado también la presencia de estos compuestos policíclicos en cantidades importantes, en los gases que emiten los motores de combustión interna, tanto diesel como de gasolina, cuando estos funcionan en condiciones inapropiadas.

El aparato respiratorio y particularmente el pulmón no es la única parte del organismo en donde puede desarrollarse un cáncer como posible consecuencia de la intervención de determinadas impurezas del aire. Substancias potencialmente cancerígenas pueden afectar directamente la piel y ser transportadas por la sangre y ejercen sus efectos en tejidos de otras partes del organismo.

#### Dióxido de Nitrógeno:

En las combustiones de varios tipos de combustibles, el nitrógeno del aire se combina con el oxígeno para formar óxido nítrico (NO), el que relativamente no es dañino, pero al combinarse en la atmósfera con más oxígeno forma el Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>). La relación en la cual el óxido nítrico se convierte en NO<sub>2</sub> es acelerada por las mismas condiciones que contribuyen a la formación del smog fotoquímico. El NO<sub>2</sub> es considerado como uno de los oxidantes fotoquímicos. Sin embargo, debemos tener en cuenta que el NO<sub>2</sub> se presenta en todas partes donde se quema combustible, ya sea que se haya producido o no el smog fotoquímico.

Tenemos poca información de los efectos en el hombre a exposiciones de NO<sub>2</sub> a los niveles comunmente encon-



trados en el aire contaminado. A niveles de 1 a 3 p.p.m. se puede detectar el olor del gas, pero para que produzca irritación en los ojos y nariz se requieren niveles mas altos.

En un estudio efectuado con voluntarios, solamente 3 sintieron irritación en los ojos en una concentración de 13 p.p.m., aunque 7 de ellos sintieron irritación en la nariz a la misma concentración.

Experimentos en los animales se comprobó que exposiciones de 10 a 20 p.p.m. de  $\text{NO}_2$  producen persistentes cambios patológicos en los pulmones. A exposiciones prolongadas entre 5 y 10 p.p.m. los animales experimentan irritación en las vías respiratorias, pero animales a exposiciones intermitentes dieron resultados negativos.

La indicación mas sensitiva a exposiciones de  $\text{NO}_2$  en el laboratorio es el aumento a la susceptibilidad a las infecciones. En los experimentos mencionados anteriormente se encontró que ratas infectadas con la bacteria de la Neumonía y expuestas a concentraciones de 0.5 a 3.5 p.p.m. de  $\text{NO}_2$  morían con mas frecuencia que los animales también infectados pero no estaban expuestos al gas.

Estas relaciones entre el aumento de mortalidad de los animales infectados y las exposiciones al  $\text{NO}_2$ , hace difícil considerar los niveles de contaminación del aire que se debe tolerar. Si vamos a proteger personas que sufren ya sea de enfermedades crónicas o temporales, debemos colocar normas mucho mas estrictas a las que tendríamos al considerar personas sanas y robustas.

#### Hidrocarburos:

Los hidrocarburos son productos de la combustión in completa, de cualquier clase de combustible. Son muchas las fuentes de contaminación de hidrocarburos pero la principal fuente es la combustión en los motores de gasolina y diesel.



Los hidrocarburos son una vasta familia de compuestos químicos, la mayoría de los cuales son dañinos en altas concentraciones. Sin embargo las bajas concentraciones de hidrocarburos reaccionan fotoquímicamente en la atmósfera con los óxidos de nitrógeno para producir el smog fotoquímico que enturbece la atmósfera. Las reacciones que son resultado del smog son muy complejas, y no se han descubierto todas. Se puede decir en general que una reducción de los hidrocarburos da como resultado directo una reducción del smog fotoquímico.

Aunque muchos hidrocarburos no se consideran directamente peligrosos para la salud en concentraciones encontradas corrientemente en el aire, un considerable número de ellos han producido cáncer en animales de laboratorio. Una de estas sustancias es la que produce el cáncer en el humo del cigarrillo y se encuentra también en el aire contaminado. En estudios recientes se ha indicado que para una ciudad promedio, la inhalación de aire es equivalente en términos de esta sustancia, como el fumar 7 cigarrillos por día. Y por las ciudades altamente contaminadas la inhalación de aire es equivalente como el fumar un paquete de cigarrillos por día.

En los últimos 20 años ha habido un considerable aumento en las muertes debido al cáncer del pulmón; aumento que puede ser debido a los hidrocarburos ya sea que estén en el humo del cigarrillo o en el aire contaminado.

En resumen todas las investigaciones están basadas en estudios actuales, representan una manera de evaluar las relaciones entre la contaminación atmosférica y la salud respiratoria. Enfermos y sanos reaccionan por igual, aparentemente a algo común en la misma población. Enfermos que son clínicamente similares pueden ser fisiológicamente distintos. No se sabe exactamente cuando estas reacciones son causa de enfermedades o agravan la enfermedad ya existente. Tampoco se sabe si son debidas a factores dentro de la población o en las cercanías del hogar o trabajo. Muchos enfermos reaccionarán en distinta forma que puede deberse a distin

tos factores, los cuales pueden actuar solos o combinados.

### Métodos Estadísticos

Los estudios epidemiológicos sobre la contaminación atmosférica exigen ante todo que se demuestre una relación entre índices de contaminación y algún índice de mortalidad o de morbilidad. En episodios aislados puede bastar la observación de que a un aumento de la contaminación corresponde otro de la mortalidad o morbilidad. Es útil el registro gráfico cuando se trata de demostrar esta asociación por largos períodos, como en el caso de estudios que se basan en las anotaciones diarias de los enfermos. Cuando el número de fallecimientos o de enfermedades por día es escaso, se sugiere el uso de totales diarios acumulativos, que se señalan en gráficos en función del tiempo. Si el incremento de muertos o enfermos es constante, el resultado será una línea recta; si el aumento deja de ser constante, cambia la pendiente de las gráficas por ejemplo: la aparición de una epidemia se reflejará en un aumento de la pendiente de la línea.

Este método tiene la ventaja de que se puede utilizar con un pequeño número de casos.

Los efectos a largo plazo de la contaminación atmosférica son difíciles de estudiar debido a los múltiples factores que pueden influir sobre la mortalidad o la morbilidad durante ese tiempo. Por esta razón es que se aconseja usar técnicas de análisis estadístico como la de correlación parcial o de regresión múltiple, para averiguar la influencia relativa de esos distintos factores. Ahora bien los resultados obtenidos por estos métodos deben interpretarse con gran cuidado en atención a que la demostración de que la relación existe no prueba que esto sea la causa o el efecto.

Antes de utilizar las cifras de mortalidad y morbilidad para cálculos de coeficientes de correlación, es necesari-

rio corregir las variaciones estacionales, o las variaciones -  
causadas por epidemias, por ejemplo: de infecciones respira-  
torias. Para ello se utilizan las desviaciones diarias respec-  
to a una curva regularizada, como la que dan las medidas mó-  
viles durante 15 días; basándose por ejemplo en certificados  
médicos o en los ingresos a los hospitales que pueden manifes-  
tar un ciclo regular semanal lo suficiente consistente para que  
permita calcular factores de corrección correspondientes a ca-  
da día de la semana. De esa manera se eliminan los efectos  
de esas variaciones.

### 3.2. Efectos de la Contaminación del Aire en los Animales

La preocupación de los efectos de la contaminación del aire en los animales es consecuencia directa de la nocividad de las impurezas del aire sobre la salud del hombre. Un gran número de estudios experimentales de la acción de los contaminantes en los animales se han llevado a cabo a fin de obtener información de los efectos tóxicos de los mismos.

En general la mayoría de los datos disponibles son las investigaciones médicas, que describen los resultados de la exposición experimental de animales pequeños a la acción de diversos contaminantes del aire. Están también los informes sobre los desastres ocurridos en Donora, Londres y Poza Rica en donde se llevaron a cabo encuestas sobre los daños sufridos por las personas y los animales.

Son considerables los daños al ganado que pascen en lugares próximos a las fábricas que emanan fluoruros debido a que estos comen forraje contaminado por estos cuerpos y beben agua también contaminada dando como resultado un desgarramiento del esqueleto. El fluor es un tóxico protoplasmático, que tiene gran afinidad por el calcio e impide la calcificación normal. La intoxicación por fluor consiste en la hipoplasia del esmalte dental, seguida en los casos de absorción de grandes cantidades del halógeno, por un crecimiento anormal de los huesos. En la dentadura, las manifestaciones patológicas son la coloración y un desgaste excesivo de los incisivos y de los molares, seguido de lesiones en las encías. Las lesiones óseas indican una ingestión prolongada de grandes cantidades de fluor. Los animales mas afectados con mayor frecuencia son las vacas y las ovejas.

Los fluoruros son consecuencias de las emisiones de polvos y gases de ciertas operaciones industriales tales como: fabricación de abonos artificiales, en la producción del cemento y aluminio, en operaciones de esmaltado y en la fabri

cación de criolita y fosfatos ácidos.

La mayor parte de los experimentos de laboratorio cuyos resultados se conocen han versado sobre la determinación de las reacciones de los animales a las grandes concentraciones de ciertos contaminantes químicos del aire. Se han utilizado ratones, conejos, ratas y monos para investigar las propiedades tóxicas de contaminantes tales como el anhídrido sulfuroso, el ácido sulfúrico, el sulfuro de hidrógeno, el ozono, el dióxido de nitrógeno, compuestos orgánicos y diferentes tipos de polvos. Los datos obtenidos mediante la exposición artificial de animales dan algunas indicaciones sobre los efectos probables de la exposición natural en el hombre y los animales.

Son necesarios todavía nuevos descubrimientos, con nuevas técnicas y personal especializado para más exploración en este campo. El trabajo básico debe incluir los efectos a exposiciones prolongadas de contaminantes y el desarrollo de normas de control de la calidad del aire.

### 3.3. Efectos de la Contaminación del Aire en las Plantas

La localización de industrias de fabricación de aluminio, cerámica, de ladrillos, productos químicos, fertilizantes, vidrierías, plantas de vapor y plantas eléctricas que dejen dañinos contaminantes en la atmósfera, impondrán un efecto directo al valor y economía del área en la cual está situada la industria. El impacto de tales operaciones es mucho mayor cuando la industria está situada en el medio de una altamente desarrollada área agrícola encerrada en un valle rodeada de montañas y sujeta a una pobre ventilación o movimiento de aire restringido. Bajo esas condiciones, escasas concentraciones de 0.5 p.p.m. (partes por mil millones) de fluoruros o 0.5 p.p.m. de anhídrido sulfuroso pueden perdurar el tiempo suficiente para ocasionar daños a las cosechas, forrajes y bosques por toda el área para producir efectos adversos al valor de las tierras. El impacto es pequeño cuando se trata de un terreno abierto, sin restricciones y con máximo movimiento de aire. Bajo esas condiciones hay una dilución rápida de contaminantes, no provoca daños a la vegetación, poco perjuicio a la propiedad y no reduce el valor de la tierra.

El efecto del aire contaminado sobre la vegetación se determina por el tiempo de reacción y relación de dispersión de las masas de aire durante el movimiento de estas. Las concentraciones de contaminantes tales como el monóxido de carbono y los fluoruros son mucho más grandes en el punto de origen y se dispersan a la distancia con el movimiento de aire. Sin embargo las concentraciones de fluoruros decrecen más rápidamente debido que sus gases reaccionan en el aire y son absorbidos por la vegetación. También el anhídrido sulfuroso se dispersa con la distancia, pero desaparece algo más rápido que los anteriores debido a su gran absorción por las plantas y más grande reactividad en el aire, con la producción de una gran variedad de compuestos de sulfuros. Los niveles de óxidos de nitrógeno y vapores orgánicos disminuyen en relación aún más grandes al combinarse rápidamente con la luz del sol para formar compuestos tales como el ozono, nitratos de peroxiacetilo

y aldehidos los cuales caracterizan el smog fotoquímico o sea la niebla contaminada.

Los efectos del anhídrido sulfuroso sobre la vida vegetal se conocen bastante bien, se manifiestan en forma de lesión crónica caracterizada por la aparición en las hojas de zonas tumefactas de color blanco o rojo parduzco, a consecuencia de la rotura de algunas células o de sus cloroplastos. Las zonas lesionadas de las hojas se pierden, pero las no lesionadas recuperan con gran rapidez sus funciones y las hojas nuevas se desarrollan con normalidad.

El azufre es un elemento indispensable para las plantas, y está presente en muchos compuestos orgánicos biológicamente activos. El contenido de azufre orgánico en las plantas puede variar de 0.1% a 0.6% referido a materia seca.

La concentración de sulfato en las hojas puede variar mucho sin que se modifique sensiblemente la cantidad de azufre orgánico. Cuando las hojas absorben anhídrido sulfuroso en cantidades notables, éste se convierte primero en sulfato por oxidación, pero una parte puede reducirse a sulfuro orgánico.

No se ha establecido exactamente la forma en que se producen las lesiones del anhídrido sulfuroso, pero su toxicidad parece residir en sus propiedades óxidoreductoras.

En general el anhídrido sulfuroso actúa en distintas formas en las diferentes especies vegetales, ello se debe a la diferente proporción de gas que absorben las hojas. Las plantas de hojas jugosas que tienen una intensa actividad fisiológica son más sensibles como ocurre por ejemplo en la alfalfa, los cereales, la calabaza, el algodón, la vid, etc.

Los compuestos fluoruros en general y los gaseosos en particular pueden acumularse en el interior o en la superficie de las hojas empleadas para forraje en concentración de hasta 30 a 50 p.p.m. aunque el forraje no suele presentar le-

siones, su ingestión provoca casos de fluorosis en el ganado vacuno o lanar como ya se ha dicho. Sin embargo concentraciones muy escasas de fluoruro de hidrógeno y de tetrafluoruro de silicio son tóxicos en algunas plantas, incluso en concentraciones de 0.1 partes por mil millones (p.p.m.m.)

Las razones de esta diversidad de tolerancias para lesionar ciertas plantas son muchas y dependen tanto de la actividad química del elemento como del tipo, clase y resistencia de la planta.

En general las lesiones producidas por exposiciones prolongadas a bajas concentraciones en p.p.m.m. en algunos cereales, lirios y en las gladiolas empieza a manifestarse en el ápice de la hoja y se extiende por toda ella formando un tejido necrótico. Las lesiones en las hojas del albaricoquero, ci ruelo, melocotonero, vid y otras hojas reticuladas son marginales y presentan una línea neta de demarcaciones entre el tejido sano y el necrosado. Tipos de lesiones distintos se presentan en el maíz, en la dalia, en los naranjos y otros.

Muy delicado es también el hecho de que algunos de los más comunes forrajes son resistentes al perjuicio de los fluoruros; el alfalfa por ejemplo puede almacenar fluoruros atmosféricos sin dañar la estructura de sus hojas y todavía puede contener suficiente de este tóxico para producir casos de fluorosis aún en los animales que comen el heno.

Los efectos de la niebla contaminada o el smog fotoquímico más conocido dependen del tipo de contaminantes de la región.

En Londres donde buena parte de la niebla es debida al contenido de anhídrido sulfuroso, los síntomas más agudos de enfermedades en las plantas son debidos a las sustancias tóxicas presentes en la atmósfera mas que a una reducción de la luz por el hollín depositado en la superficie de las hojas como opinan otros autores.



LAMINA 1

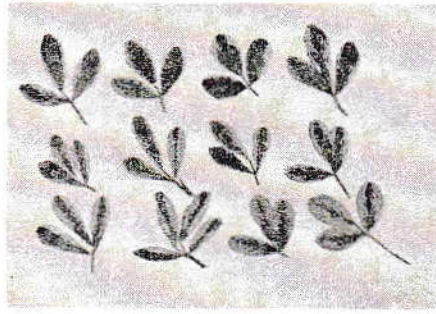


Fig. 1 Lesión aguda producida por el  $\text{SO}_2$  en la alfalfa.



Fig. 2 Lesión aguda producida por el  $\text{SO}_2$  en el recino.

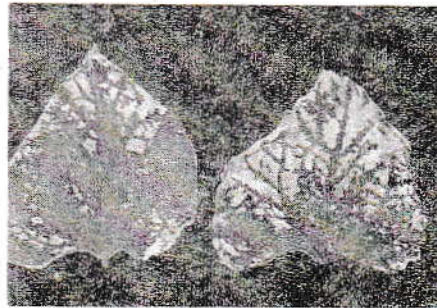


Fig. 3 Lesión aguda producida por el  $\text{SO}_2$  en la judía pinta.

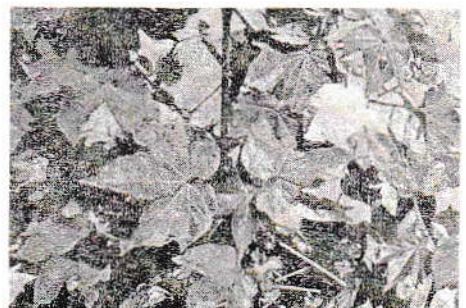


Fig. 4 Lesión crónica producida por el  $\text{SO}_2$  en el algodón.

LAMINA 2

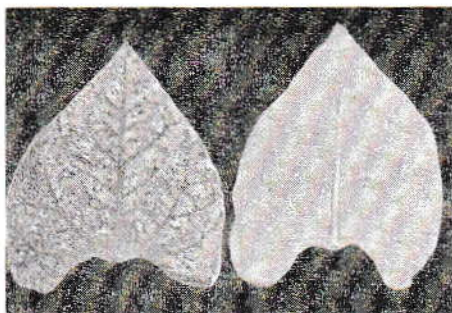


Fig.5 Haz y envés de las hojas de judía pinta tratadas con ozono

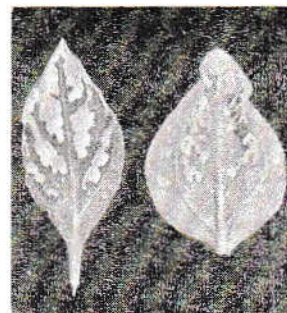


Fig.6 Haz y envés de las hojas de petunia tratadas con ozono



Fig.7 Lesiones en el haz y el envés de las hojas de los agrios producidos por la niebla contaminada.



Fig. 8 Lesiones producidas en el zapote blanco por el ozono y la niebla contaminada.

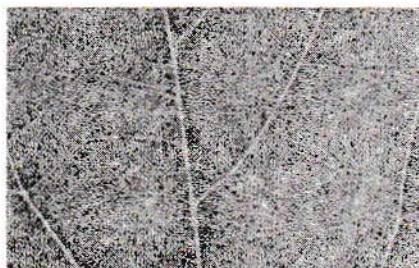
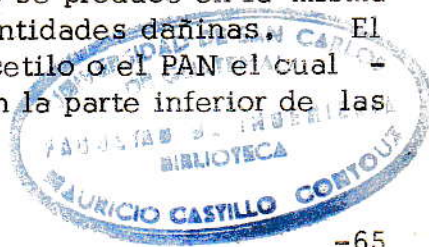


Fig.9 Punteado producido por el ozono en el aguacate -

La contaminación de la ciudad de Los Angeles debi da en su mayor parte a las reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno y los vapores orgánicos son la causa de la fitotoxicidad de las llamadas plantas de ensalada tales como: espinaca, lechuga y escarola; también en la remolacha, la acelga y el apio, en las cuales se producen lesiones caracte rísticas; en primer lugar, la epidermis inferior adquiere un color plateado o bronceado como consecuencia de la destruc ción de las células subepidérmicas, esta lesión puede exten derse por toda la hoja.

Otro componente importante de la contaminación - atmosférica de Los Angeles es el Ozono que constituye por si solo mas de la mitad del total de sustancias oxidantes. Es fitotóxico en exposiciones de unas cuantas horas a concentra ciones de 0.2 p.p.m.; sus lesiones características aparecen en forma de lunares o puntos blancos u oscuros distribuidos por lo general en la superficie superior de las hojas. Se han encontrado este tipo de lesiones en la vid, los agrios, el agua cate y otras plantas leñosas de hojas anchas; también el taba co, el pino blanco y el pino ponderoso están igualmente ata cados.

En muchas clases de combustiones se producen óxi dos de nitrógeno tales como de hogares, fuegos al aire libre y automóviles. Se encuentran también hidrocarburos provenien tes de muchas combustiones particulares de los motores de ga solina. Cuando los hidrocarburos y óxidos nitrógenos se - mezclan en la atmósfera en presencia de rayos ultravioletas de la luz solar se llevan a cabo complejas reacciones cuida dosamente balanceadas. Este es el origen de dos substan - cias oxidantes que son la causa de la mayor parte del smog que daña las plantas. Uno de esos oxidantes es el ozono del cual se ha hablado. Parte del ozono se produce en la misma atmósfera pero naturalmente no en cantidades dañinas. El otro óxido es el nitrato de peroxidoacetilo o el PAN el cual - causa brillo, plateado o bronceado en la parte inferior de las hojas.



Son necesarios solamente fracciones de p.p.m. de cada uno de esos oxidantes para dañar la vegetación. Esto no significa solo marcas en las plantas sino también reducción de la fotosíntesis, aumento de la respiración que inducen la caída de las hojas, dificulta el crecimiento y baja el rendimiento.

En resumen se ha examinado la documentación relativa a los efectos de la contaminación de la atmósfera sobre las plantas, dedicándole mayor atención a los contaminantes que plantean problemas mas graves como lo son el anhídrido sulfuroso, los fluoruros y las nieblas contaminadas de Londres y Los Angeles.

### 3.4. Efectos de la Contaminación del Aire sobre los Materiales

El efecto del aire contaminado sobre los materiales se refiere al daño sobre la propiedad, que ocurre aun en áreas limpias y no contaminadas. La presencia de los contaminantes acelera estos procesos naturales.

El deterioro de los materiales ocurre por cualquiera de los mecanismos siguientes, los cuales pueden actuar solos o combinados:

Por abrasión de la superficie del material por las partículas que chocan contra él, dando como resultado una erosión del material.

Por depósito y remoción de las partículas y polvos sobre las superficies de los materiales y removidas luego por razones de limpieza. El polvo depositado sobre una superficie puede ser o no perjudicial para el material afectado dependiendo de la naturaleza del contaminante. La remoción es generalmente mas perjudicial debido a que en el proceso de limpieza siempre se raspa.

Por cambios químicos sobre el material debido a reacciones entre el contaminante y el material mismo, generalmente ocurre con contaminantes gaseosos como el anhídrido sulfuroso, sulfuro de hidrógeno y el anhídrido carbónico. El anhídrido carbónico en presencia del agua forma un ácido que tiende a disolver los materiales de construcción.

Por corrosión electroquímica la cual ocurre en metales expuestos a la humedad y contaminación atmosférica. La corrosión se forma con la aparición de muchísimas células electroquímicas sobre las superficies expuestas.

Son pocos los materiales que se escapan del ataque de los contaminantes atmosféricos, entre los mas afectados tenemos:

Los Metales: están sujetos a la corrosión electroquímica y a la abrasión de partículas transportadas por los vientos. Estudios experimentales han demostrado que el acero, el zinc, el cobre, el níquel, el plomo y el estaño tienen un más alto grado de corrosión en áreas urbanas e industriales que en áreas rurales. El efecto en los metales es especialmente molesto en aquellos usados en la industria eléctrica debido a la formación de un film corrosivo que actúa como aislador.

Las ropas y tejidos: son rápidamente afectados por la contaminación del aire, no solamente por la suciedad que obliga a lavarla más seguido sino que es también dañada por partículas abrasivas que permanecen embebidas en las fibras de los tejidos. Algunos gases causan la debilitación y decoloración del tinte de géneros y tejidos, los óxidos nítricos y el ozono son los principales contaminantes que afectan los tintes, el anhídrido sulfuroso acelera las reacciones. Sin embargo ciertos tintes se decoloran simplemente con la luz del sol, aún en ausencia de sustancias contaminantes.

El papel y el cuero: son también afectados por exposiciones continuas de anhídrido sulfuroso, se vuelven brillantes y se rajan al doblarlos. Documentos históricos deben guardarse en atmósferas completamente puras.

El Factor Económico: el principal efecto en que nos perjudica la deteriorización de los materiales es en los gastos ocasionados, éstos incluyen gastos de limpieza, pinturas y reparaciones dependiendo de la magnitud de los daños; además está también la pérdida del valor de la propiedad que a la larga se convierte en pérdida económica.

Efectos de algunos Contaminantes

Contaminante	Material afectado	Efecto
Partículas	Metales	Abrasión Reacción Química
	Materiales de Construcción. Superficies Pintadas Textiles	Suciedad Abrasión Reacción Química
Ozono	Caucho	Brillo
	Tintes	Debilitación Decoloración
Oxidos de Azufre	Metales	Corrosión
	Materiales de Construcción	Reacción Química
	Papel y Cuero	Brillo
	Textiles	Debilitamiento y desintegración
Oxidos de Nitrógeno	Materiales de Construcción	Reacción Química
	Tintes	Debilitación y decoloración
Sulfuro de Hidrógeno	Pinturas a base de plomo	Obscurecimiento
	Metales	Deslustramiento
Anhídrido Carbónico	Piedra de Construcción	Formación de Carbonatos solubles
	Metales	Corrosión

Sustancias	p.p.m	mg/m
Acetona .....	500	2400
Acetato de Amilo .....	200	1050
Acido Cianhídrico .....	10	11
Acido Clorhídrico .....	5	7
Acido Fluorhídrico .....	3	2
Acido Nítrico .....	10	25
Acido Sulfhídrico .....	20	30
Acroleina .....	0.5	1.2
Alcohol Alílico - Piel .....	2	5
Alcohol Metil Alílico .....	25	100
Amoníaco .....	100	70
Anhídrido Acético .....	5	20
Anhídrido Carbónico .....	5000	9000
Anhídrido Sulfuroso .....	5	13
Anilina - Piel .....	5	19
Arsina .....	0.05	0.2
Benceno .....	25	80
Cloro .....	1	3
Dióxido de Cloro .....	0.1	0.3
Dióxido de Nitrógeno .....	5	9
Estibina .....	0.1	0.5
Eter Etilico .....	400	1200
Fluor .....	0.1	0.2
Fluoruros .....	---	2.5
Formaldehido .....	5	6
Fosgeno (Cloruro de Carbonilo)	1	4
Gasolina .....	500	2000
Monóxido de Carbono .....	100	110
Nafta (del Alquitrán de Hulla)	500	2000
Nitroglicerina - Piel .....	0.2	2
Oxido de Fierro (humos de) ..	---	15
Oxido de Zinc (humos de) ...	---	5
Ozono .....	0.1	0.2
Sulfuro de Carbono - Piel ...	20	60
Tetracloruro de Carbono - Piel	10	65
Tolueno .....	200	750
Tricloritileno .....	100	520



Polvos Minerales

Sílice: p.p.c.c

Amorfa, incluyendo la tierra diatomacea natural: ..... 700

Cristalizada (cuarzo o cristobalita), se calcula por la fórmula: .....  $\frac{8.8 \times 10^3}{\% \text{ SiO}_2 + 5}$

Silicatos (Con menos del 1% de sílice cristalizada): ....

Asbestos ....	180
Cemento ....	1800
Esteatita ....	700
Mica .....	700
Talco .....	700

Nota:

La palabra Piel después del nombre de una sustancia significa que esta puede pasar a través de la piel aumentando el riesgo.

p.p.c.c. significa partículas por centímetro cúbico de aire.

#### 4. FORMAS DE MEDIR LOS CONTAMINANTES

##### 4.1. Consideraciones Preliminares Sobre la Toma de Muestras.

- a) Estudios Estadísticos: tienen la mayor importancia para establecer los datos de base (magnitud de las muestras y frecuencia en que han de recogerse) para extraer de los resultados la mayor información posible.
- b) Magnitud de las Muestras: las muestras han de ser bastante grande para hacer posible el análisis.
- c) Modificaciones de la muestra en el curso de la recogida y con posterioridad. Se necesita en muchos casos de concentraciones poco elevadas de sustancias, operaciones prolongadas de recogida de material, con el objeto de obtener un volumen adecuado del mismo, produciéndose por reacción otras sustancias que tal vez no existieran en los gases residuales, ni en la atmósfera. También puede suceder que las partículas se aglomeren o fraccionen, de manera que los caracteres de la muestra no correspondan en nada a la realidad.
- d) Toma de muestras continua e intermitente: los aparatos para la recogida automática continua e intermitente contribuyen a una economía de tiempo y personal, además su sensibilidad permite a veces descubrir pequeñas concentraciones de impurezas que por lo general pasan inadvertidas. Investigaciones recientes han demostrado que son esas concentraciones pequeñas las que provocan algunos de los efectos mas desagradables de la contaminación atmosférica, desde los daños a la vegetación hasta las reacciones fisiológicas en el hombre. En los aparatos de recogida automática se combinan las operaciones de muestreo y las de análisis.
- e) Toma de muestras de componentes volátiles: la eficacia -

de la muestra depende del método empleado. Las muestras deben ser de un gran volumen de aire para disponer de la mayor cantidad posible de sustancias en el análisis y para la separación de otros componentes antes de analizar las substancias volátiles.

- f) Toma de Muestras de Partículas; deberán hacerse, dentro de lo posible en condiciones isocinéticas, principalmente en partículas muy pequeñas. Esto quiere decir que la corriente de gas que arrastra la materia dispersa no deberá sufrir alteraciones ni cambios de velocidad al entrar al aparato de recogida. En la práctica eso es imposible, puesto que el último recipiente será un factor de alteración. Para reducir al mínimo las condiciones anisocinéticas, habrá que tomar la muestra, dejando entrar el gas en la misma dirección y velocidad que la corriente exterior. Debe evitarse además la formación de depósitos y condensaciones en las paredes del recipiente poniendo la superficie colectora lo mas cerca posible de la entrada del recipiente.
- g) Toma de muestras de gas residual: es imposible establecer reglas generales y convendrá atenerse a los métodos que mejores resultados hayan dado en las condiciones particulares de cada caso debido a las características variables del gas residual.
- h) Toma de muestras al aire libre: se pueden utilizar los instrumentos de recogida continua situando varios de ellos en diferentes puntos de la zona examinada. Cada uno de ellos deberá tener además dispositivos sincronizados de medición meteorológica para poder en cualquier momento identificar los caracteres de la fuente de contaminación en sus relaciones con la velocidad y dirección del viento y otros datos metereológicos fundamentales. El viento y la estabilidad del aire son en realidad los factores que mas influyen en las condiciones especiales de dilución o concentración de las impurezas en el aire.
- i) Métodos para seguir el movimiento de las masas del aire: -

sirven para determinar la velocidad y la distancia a que se difunden las impurezas procedentes de uno o mas puntos de emisión. Usanse para esto substancias fluorescentes como sulfuro de Zinc y de Cadmio, sulfato de Zinc, etc. y se emiten mediante generadores especiales de humo o de niebla y se recogen luego en la zona estudiada a distancias y en momentos diferentes.

#### 4.2. Toma de Muestras de Gases y Vapores

##### Aparatos para la toma de muestras sin concentración de Gases y Vapores:

Estos aparatos se utilizan en condiciones existentes en un momento dado y sobre todo para recoger muestras de gases residuales cerca del lugar de origen o fuente. En este caso la toma de muestras es instantánea.

El recipiente al vacío mostrado en la figura 1. no es más que un bulbo de vidrio en el cual se le ha evacuado el aire y el cuello se le ha pegado por calentamiento en las últimas etapas de la evacuación. Este tipo se usa para tomar muestras de gases tales como: anhídrido carbónico, monóxido de carbono, oxígeno, metano, hidrógeno y nitrógeno. No se usa para la toma de muestras de gases reactivos tales como: sulfuro de hidrógeno, óxidos de nitrógeno o anhídrido sulfuro - so puesto que estos gases reaccionan con las partículas de polvos, con la humedad, con el cartucho de cierre y aún con el vidrio del recipiente, de manera que las propiedades del gas serán alteradas al momento de analizar la muestra.

El tipo de recipiente mostrado en la figura 2. es igual al anteriormente descrito, difiere del primero en que contiene un líquido absorbente en el cual la muestra de gas o vapor que va a ser analizada se disuelve y preserva en forma para determinar su concentración por medio de un análisis químico.

Los recipientes mostrados en la figura 3. y 4, se han llenado previamente con un gas o líquido el cual es luego reemplazado por el gas o vapor que queremos analizar. Para esto se utilizan dispositivos de aspiración que tengan capacidad adecuada en las condiciones necesarias de presión reducida. Otro recipiente del mismo tipo es la botella de la figura 5. que se llena con agua .

Para tomar la muestra en el recipiente de la figura 1, el aire debe evacuarse a una presión de 1 mm de Hg. o menos. El volumen de la muestra a la presión atmosférica se calcula por la fórmula siguiente:

$$V_s = V_b \frac{P - P_2}{P} \quad \text{en donde:}$$

$V_s$  = Volumen de la muestra a la presión atmosférica

$V_b$  = Volumen del Bulbo

$P$  = Presión atmosférica

$P_2$  = Presión en el Bulbo al vacío



Fig. 1. Recipiente Colector al Vacío

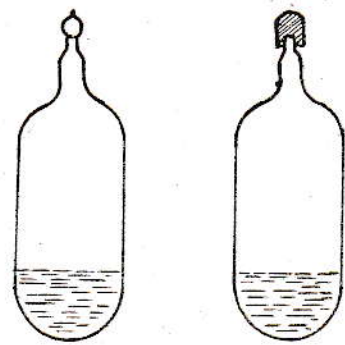


Fig. 2. Recipiente Colector al Vacío y con un Absorbente



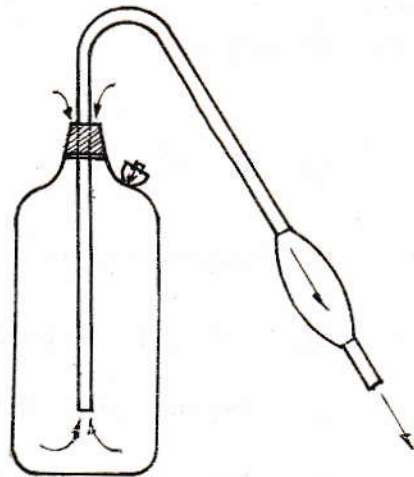
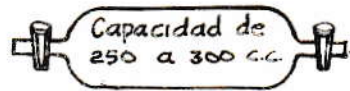
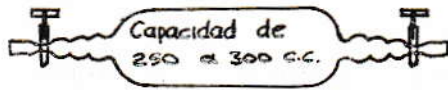


Fig. 3. Tubos con Gas para tomar Muestras por Desplazamiento.

Fig. 4. Botella de Pared Gruesa para tomar Muestras por Desplazamiento

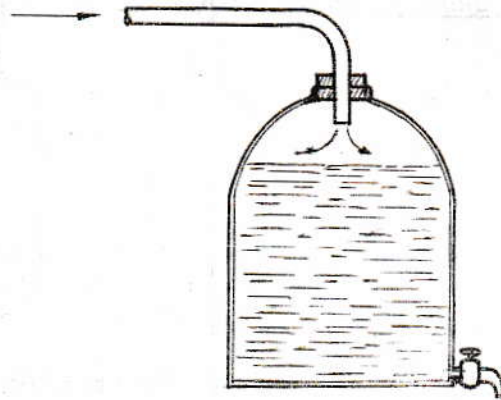


Fig. 5. Recipiente con Agua para tomar Muestras por Desplazamiento.

Al momento de tomar la muestra se rompe la boquilla en la marca hecha expresamente en el cuello del recipiente. El aire contaminado llenará inmediatamente el recipiente a la misma presión atmosférica. En seguida debe taparse forzando el cartucho de cera sobre el cuello roto.

A los recipientes de la figs. 3. y 4. se les conecta a piradores de manera de sacar el aire que está originalmente dentro y admita el nuevo aire contaminado. Deben chequearse las válvulas de salida y entrada que a veces no operan correctamente.

Los recipientes de la fig. 3. tienen la ventaja de poder eliminar los dispositivos de aspiración llenando el recipiente y el tubo con agua, si la muestra ha de tomarse en un lugar inaccesible. Al tomar la muestra, se deja salir el agua algo despacio, en 2 ó 3 minutos entonces las paredes del recipiente drenarán perfectamente durante este período. La aplicación de este método se limita a gases que son insolubles y no reaccionan con el líquido desplazado.

#### Aparatos para la toma de muestras con concentración de gases y vapores.

En este caso la toma de muestras adquiere un período de duración largo por lo que se requieren dispositivos de medición y de aspiración además del de recogida.

Dispositivos de Medición: se emplean contadores que determinan el volumen del gas y que están provistos de manómetros y termómetros de modo que se determina el volumen, presión y temperatura y se calcula el peso. Estos dispositivos deben tener una precisión extrema puesto que todo el análisis depende del volumen exacto de gas recogido.

Dispositivos de Aspiración: se utiliza cualquier dispositivo de aspiración que tenga capacidad adecuada en las condiciones necesarias de presión reducida. Los más



usados son las bombas de vacío con motor de inducción eléctrico.

Se prefiere el motor de inducción porque opera a velocidad uniforme a pesar de las variaciones de la carga. Cuando haya peligro de que el gas en estudio se inflame, la bomba se proveerá con un motor especial contra ignición, si la potencia requerida es pequeña la bomba se accionará a mano. Sin embargo pueden usarse bombas accionadas a mano con múltiples pistones que dan un gasto uniforme y sirven para largos períodos. Puede aspirarse también con bombas accionadas por agua o aire siempre que exista una fuente de estos últimos a presión constante.

#### Método de Absorción:

Este método se basa haciendo que el aire contaminado pase a través de un reactivo químico que de como resultado un compuesto no gaseoso. Sirve para determinar la cantidad de ozono, hidrocarburos y disolventes orgánicos que contiene el aire. Usanse para esto tubos de absorción en forma de U, que contienen una cantidad determinada de reactivo en forma de burbujas muy finas que permiten un contacto íntimo.

Los tubos pueden estar dispuestos en serie de dos o mas elementos con dos o mas reactivos distintos para absorber sucesivamente diferentes impurezas presentes en el mismo gas. Tal disposición permite conseguir el grado de absorción necesario y recoger al mismo tiempo las muestras de todas las impurezas que haga falta examinar. La recogida en esos tubos suele hacerse a una velocidad media de 100 a 150 litros de gas/hora,

Mediante este método se determinan concentraciones no inferiores a 0.1 p.p.m. en volumen. Es posible determinar la presencia de concentraciones más bajas si se prolonga el tiempo de operación o si se reduce la velocidad de la corriente de gas en los tubos.

### Método de Adsorción:

Adsorción es el fenómeno por el cual un gas o vapor es atraído y retenido por una superficie sólida a temperatura baja u ordinaria. Los adsorbentes son sólidos porosos en sus caras exterior, interior y dentro de su cuerpo, o pueden ser también sólidos que tienen una vasta red de canales extremadamente finos y poros submicroscópicos dentro de su cuerpo. La adsorción se consigue por aspiración del gas o aire en estudio que pasa a través de la columna que contiene el adsorbente. Los adsorbentes pueden ser: el carbón activado, gel de sílice, alúmina activada o cualquier otro agente adecuado.

Este procedimiento es de mayores dificultades y requiere hacer investigaciones preliminares para determinar el medio ambiente que mejor convenga. En general, las sílices, los óxidos metálicos y algunas tierras activas son eléctrica -mente polares; es decir que su estructura molecular contiene una distribución de electrones no simétrica. Puesto que las sustancias polares tienen fuerte atracción las unas sobre las otras y puesto que el agua es altamente polar, los adsorbentes polares retienen la humedad atmosférica.

El carbón activado adsorbe gases orgánicos y vapores de preferencia a la humedad atmosférica. En realidad el carbón activado que ha sido previamente humedecido perderá esta humedad por desplazamiento con los gases y vapores de la atmósfera contaminada. Este desplazamiento de humedad casi no ocurre con los adsorbentes silíceos. De consiguiente el carbón activo es más conveniente para adsorber mezclas de gases y vapores, especialmente aquellas que están presentes en bajas concentraciones y necesitan colectarse en relativamente largos períodos de tiempo.

La gel de sílice se usa con grandes ventajas para tomar muestras de corta duración y concentraciones fuertes pero que estén lo suficiente secas de manera que el adsorbente no se sature de humedad antes de completar la toma de mues-

tras. Se ha usado con éxito para adsorber sulfuro de hidrógeno y anhídrido sulfuroso.

Para extraer luego los distintos contaminantes adsorbidos en la columna, se eleva la temperatura para separar de la columna de adsorción las distintas fracciones de material valiéndose de las diferencias entre sus puntos de ebullición.

La desadsorción de los gases y vapores de la gel de sílice es más fácil que la desadsorción de los mismos en el carbón activo.

#### Método de Condensación por Enfriamiento:

Con este se enfrían en recipientes adecuados la corriente de gases y vapores para que las sustancias volátiles se condensen. El material se aprovecha inmediatamente para el análisis, puesto que no necesita ser separado de los solventes o adsorbentes de los métodos anteriores. Los gases y vapores se preservan sin que ocurra ninguna reacción química con los dispositivos de recogida. La principal desventaja de este método es que el equipo es relativamente engorroso y requiere cuidado especial y que grandes cantidades de agua se condensan junto con los gases y vapores. Sin embargo, este no es un problema serio debido que la extracción del agua de los contaminantes es experimentalmente simple.

Los refrigerantes más comúnmente usados son el hielo ( $H_2O$ ), la nieve carbónica ( $CS_2$  ó  $CO_2$ ), el nitrógeno líquido ( $N_2$ ), el oxígeno líquido ( $O_2$ ) y el amoníaco líquido ( $NH_3$ ).

#### 4.3 Toma de Muestras de Partículas y Suspensiones Sólidas

##### Aparatos de Sedimentación:

Se usan una variedad de cubos o recipientes cilíndricos abiertos de arriba en los cuales las partículas gruesas sedimentan. Estos se hacen de materiales que no reaccionan con las partículas, tales como vidrio, polietileno o acero inoxidable. Es importante tener los recipientes colectores de diseño uniforme a manera de lograr comparaciones más reales en los datos obtenidos en las diferentes estaciones colectoras de muestras.

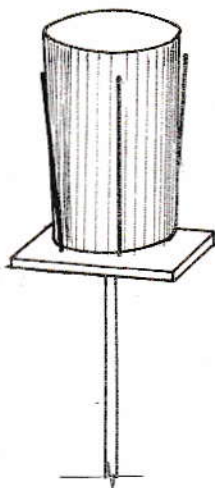


Fig. 1. Recipiente de Sedimentación. Jarra Cilíndrica de Polietileno. Dimensiones: 8.5 pulgs. de alto, 4 pulgs. de diámetro.

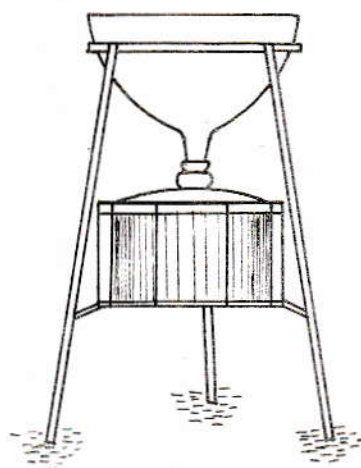
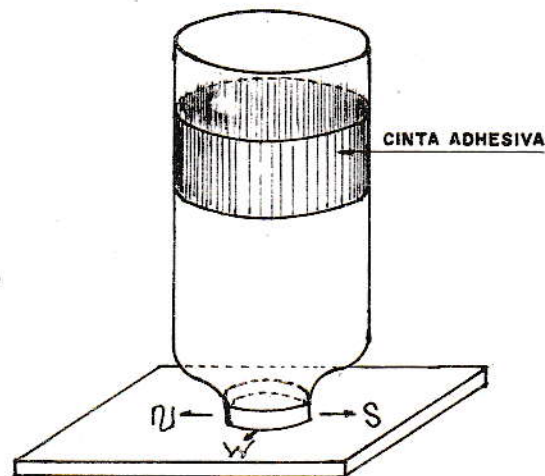


Fig. 2. Recipiente de Sedimentación. Un embudo de porcelana de 18 pulgs. de diámetro que drena dentro de un recipiente de aluminio.

Se han usado también bandejas o platos que simplemente recogen las partículas que sedimentan. A veces se han revestido de materiales adhesivos a fin de mejorar su retención, en este caso el volumen de material recogido se limitará a una sola capa de manera que no cambien las características de retención. Entre las distintas clases de materiales de revestimiento están el papel engomado, la celulosa adhesiva y el plato de aluminio revestido de petróleo gelatinoso. Estos materiales se pueden colocar en un plano vertical así como también en un plano horizontal. La jarra de la fig. 3. tiene una cinta adhesiva y con ella se puede detectar la dirección del contaminante.



**Fig. 3. Jarra con Celulosa Adhesiva**

Este método es sencillo y económico, se basa en la sedimentación de partículas por gravedad, pero es también influenciado por el viento, corrientes de aire y precipitaciones, sus resultados son desde luego aproximados.

La determinación del peso de las partículas sedimentadas se hace con relación al área unitaria. El período de toma de muestras es generalmente de 30 días, entonces el re-

sultado se da en miligramos por centímetro cuadrado por 30 días ( $\text{mg} / \text{cm}^2 / 30 \text{ días}$ ).

#### Métodos Visuales y Fotométricos:

Se emplean las tarjetas de Ringelmann que son una serie de 5 tarjetas numeradas de 1 a 5 y divididas en cuadrados formados por líneas negras sobre fondo blanco cuyas áreas varían respectivamente según las tarjetas en la proporción del 20, del 40, del 60, del 80 y del 100% del área de la tarjeta. Colócanse las tarjetas lo mas cerca posible de la fuente y al nivel de la mirada del observador que a 1.50 mts. de distancia compara la densidad del humo con la intensidad de las manchas grises en las distintas tarjetas y atribuye el número 0 a una emisión practicamente clara (no opaca) y el número 5 a un humo completamente negro. Después de repetir las observaciones varias veces a intervalos de 15 a 30 seg. se refieren las cifras al valor técnico de la densidad determinada mediante la tarjeta de Ringelmann número 1, que corresponde a una densidad del 20% mediante la fórmula.

$$\text{Porcentaje de la densidad del humo.} = \frac{\text{total de las cifras de las tarjetas} \times 20}{\text{Número de observaciones}}$$

Este método es muy sencillo y solo da un resultado aproximado que depende mucho de la posición del observador con respecto a la fuente.

#### Aparato Colector de Gran Volumen:

Este aparato se usa para tomar nuestras de grandes volúmenes de aire contaminado, el cual pasa a través de un filtro de fibras de vidrio de 8" X 10". En condiciones ideales puede retener partículas de 1/100 de micra de diámetro,

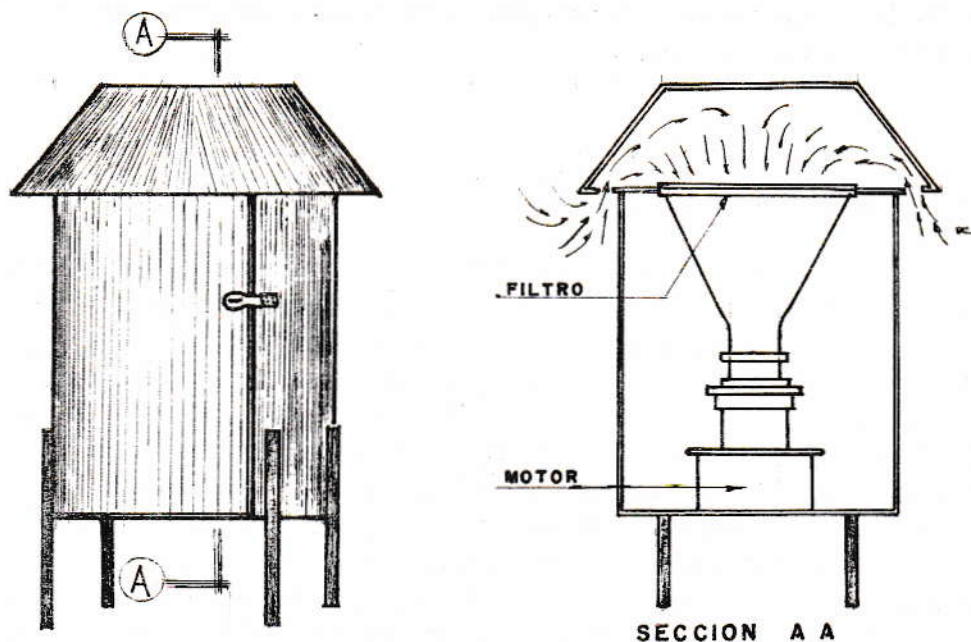


Fig.4. Aparato Colector de Gran Volumen

sin embargo el viento afectará este dato y corrientemente co-  
lectará substancias mas grandes.

El período de toma de muestras es generalmente de 24 horas, durante este período habrá aspirado aire por medio de una pequeña turbina a razón de  $1.4 \text{ m}^3/\text{min}$ . El flujo de aire se mide indirectamente por medio de un orificio medidor.

La fig. 4. nos muestra un esquema del aparato, el cual está provisto de un techo que protege las muestras y el filtro, el aire entra bajo el techo y pasa a través del filtro y es expulsado a través del plato de acceso del motor.

Para calcular la concentración de partículas suspen-  
didas, se hace de acuerdo al método siguiente:

Peso del filtro:

antes = 3.182 gm.  
después = 3.550 gm.

Flujo del aire:

al principio = 1.81 m<sup>3</sup>/min.  
al final = 1.58 m<sup>3</sup>/min.

Tiempo:

24 horas.

Flujo promedio de aire:  $\frac{1.81 \times 1.58}{2} = 1.695 \text{ m}^3/\text{min}.$

Volumen total = 1.695 m<sup>3</sup>/min x 1440 min.  
= 2441 m<sup>3</sup>

Peso de las partículas colectadas = 3.550 - 3.182  
= 0.368 gm.

Concentración =  $\frac{0.368}{2441} = 150.7 \times 10 \text{ gm/m}^3$   
= 150.7 mg/m<sup>3</sup>

La principal ventaja en el uso del aparato colector de Gran Volumen es la gran cantidad de muestras tomadas en un corto período de tiempo, las cuales servirán para varios análisis. Sin embargo este es un aparato caro y para su uso requiere servicio eléctrico.

#### Aparato Colector Automático:

Este aparato tiene dispositivos automáticos para medir las suspensiones atmosféricas por medio de un papel filtro enrollado en una bobina.



La medida se basa en la cantidad de luz que traspasa o se refleja de las partículas sólidas o líquidas depositadas en el papel filtro por medio de un transmisómetro.

Los principales componentes del aparato son el papel filtro, medidor del flujo de aire, la bomba al vacío y reloj de tiempo. La bomba aspira el aire que contiene las suspensiones a través del papel filtro sostenido en la boquilla de entrada. Las partículas se depositan sobre el papel que avanza a intervalos determinados previamente, pudiendo ser 1, 2 y 3 horas dependiendo de la concentración de partículas en el aire.

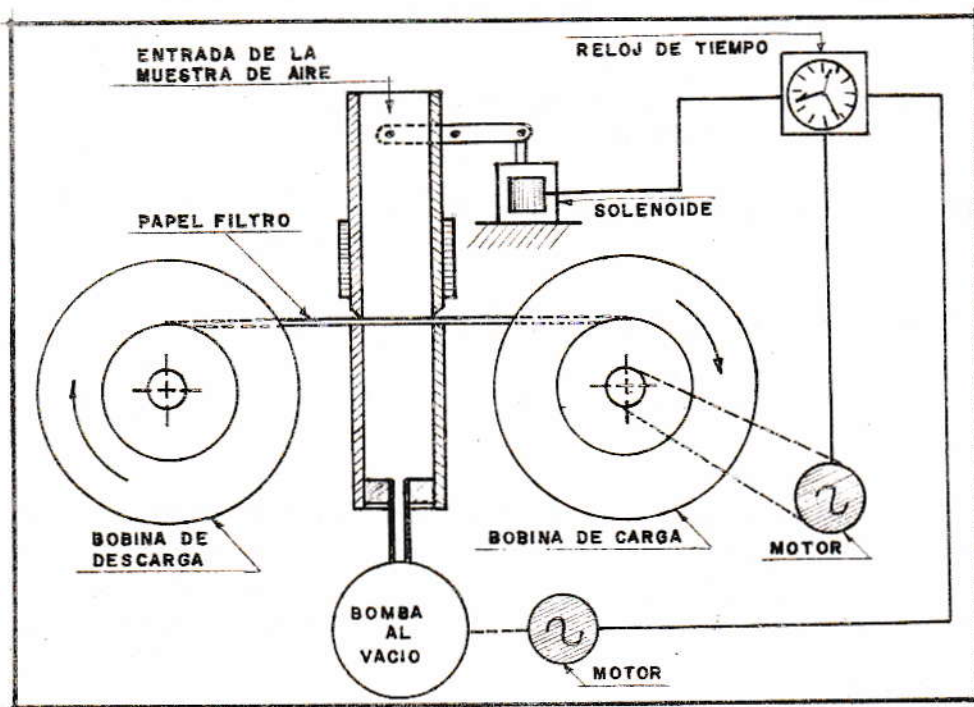


Fig.5. Aparato Colector Automático

Al terminar la toma de muestra se saca el papel filtro de la bobina de descarga y se mide de cada intervalo, la densidad óptica según la intensidad de luz transmitida (transmiten

cia). Se ajusta la escala del Transmisómetro de modo de leer 100 por ciento de transmitencia en un área equivalente de papel filtro limpio. Luego se determina los valores de los intervalos con muestras que deben ser menores de 100 y a continuación se calcula la densidad óptica:

$$\text{Densidad óptica: } \log = \frac{I_0}{I}$$

en donde:  $I_0$  = la intensidad de luz transmitida a través del papel filtro limpio.

$I$  = la intensidad de luz transmitida a través del papel filtro con muestras.

Los resultados analíticos se expresan en términos de unidades Coh. La unidad Coh se define como 100 veces la densidad óptica que produjo la muestra, de manera que una densidad óptica de 0.30 representa 30 unidades Coh. Además como la intensidad del papel filtro con la muestra se determina por el volumen total de aire aspirado a través del filtro y del área del filtro expuesto, se puede expresar el tamaño de la muestra en unidades lineares de aire, es decir el volumen de aire aspirado dividido por el área del filtro. Por conveniencia los resultados se reducen a múltiplos de 1,000 pies lineales de muestra de aire, de manera que la concentración por un intervalo se expresa en unidades Coh por 1,000 pies lineales de aire.

Ejemplo: se ha medido el flujo de aire promedio que ha pasado en cada intervalo del papel siendo 0.25 pies cúbicos por min., el diam. del círculo expuesto es 1", el tiempo de toma de muestra de cada intervalo es de 2 horas y un intervalo dado nos dió un valor de transmisión de luz a través del papel filtro de 50 por ciento.

Volumen del aire =  $0.25 \times 120 = 30$  pies.



$$\text{Longitud de la muestra de aire} = \frac{30}{\sqrt{4} (1/12)^2} = 5,500$$

$$= 5.5 \text{ miles de pies}$$

$$\text{Densidad Optica} = \log \frac{100}{50} = \log 2 = 0.301030$$

$$\text{Unidades Cohes/1,000 pies} = \frac{0.301 \times 100}{5.5} = 5.48$$

Precisión del Aparato: en este aparato pueden hacerse un gran número de lecturas por día, con lo que se detectan los distintos cambios de concentración de impurezas. Su exactitud depende de la exactitud de calibración del medidor de flujo de aire y de la eficiencia del papel filtro. Es conveniente chequear el instrumento periódicamente para saber si está trabajando correctamente.

#### Interceptores:

Estos aparatos interceptan las partículas de un aerosol mediante un obstáculo colocado en la trayectoria de la corriente de gases que al rodear el obstáculo, las partes en suspensión abandonan por inercia la dirección de la corriente y se depositan en la superficie del obstáculo.

#### Filtración de Aerosoles a través de Medios Porosos:

El empleo de filtros tiene como principal finalidad el examen ulterior de las partículas, o sea para análisis gravimétricos, químicos y radiológicos así como también para determinar la distribución de tamaños.

Actualmente se utilizan filtros moleculares de plástico especial con poros muy finos, los cuales casi no ofrecen resistencia al paso de la corriente de aire y cuando son transparentes permiten apreciar directamente el tamaño y distribución de

partículas, determinando la intensidad de la luz transmitida por el filtro humedecido con un aceite que tenga un índice de refracción adecuado.

Los filtros de plástico retienen partículas extremadamente pequeñas, y son además solubles en acetona, lo que permite la recuperación completa de las materias dispersas. Su inconveniente es que las corrientes de gases a alta temperatura los estropean.

#### Colectores Ciclónicos:

Estos aparatos son muy apropiados para recoger cenizas y polvos ligeros, y consisten en imprimir al gas o al aire un movimiento arremolinado en el interior de un recipiente cilíndrico para separar con la fuerza centrífuga la materia suspendida. Estos aparatos son fáciles de construir, se les da el tamaño que convenga y las muestras recogidas se recuperan rápidamente. Su eficiencia llega casi al 100 por ciento.

#### Precipitadores Térmicos:

Estos aparatos se basan en la propiedad de las superficies calientes de repeler las superficies suspendidas en el aire, las cuales se agrupan en las superficies frías. Se hace pasar una corriente de aire a través de un filamento caliente situado entre dos placas, con lo que las partículas repelidas por el filamento se depositan en las placas. Luego se hace un examen al microscopio de las placas para establecer la concentración de partículas depositadas en ellas.

#### 4.4. Métodos de Análisis

##### Métodos Gravimétricos:

Este método consiste en aislar la sustancia que haya de analizar en la forma de un compuesto que en las condiciones de la prueba sea lo menos soluble posible y de composición química conocida. Se determina el peso ya sea directamente pesándolo o indirectamente por otros métodos para calcular luego la cantidad de la sustancia estudiada. Este método se usa en la determinación de gases, polvos o partículas suspendidas en el aire. Para la determinación del peso de los gases se hace pesando el reactivo precipitado (por ej. el anhídrido sulfuroso se determina pesando el sulfato bórico precipitado). En todos los casos se necesitan muestras bastante grandes.

##### Métodos Volumétricos:

Estos métodos se basan en reactivos de concentración conocida, se dividen en varios grupos:

- a) Métodos Alcalimétricos y Acidimétricos usados para el análisis de bases y ácidos, los cuales se usan en solución en presencia de indicadores que cambian de color según la alcalinidad o la acidez del medio.
- b) Métodos de Oxidación y Reducción que se basa en la oxidación y reducción del compuesto en estudio mediante una sustancia valorada en la que se aprecia un cambio de color en presencia o en ausencia de un indicador.
- c) Método de Precipitación el cual se usa en el análisis de los halógenos y en el cual se emplean soluciones de nitrato de plata de concentración conocida que precipitan el halógeno en forma de halógenos de plata.

##### Métodos Colorimétricos:

Estos métodos se utilizan en el análisis de gases y partículas, son los más satisfactorios y de mayor sensibilidad cuyo límite es en ocasiones inferior a  $1 \mu\text{g}$ , aunque requiere muestras de gran magnitud y técnicas difíciles de separación de los compuestos examinados. Los elementos y compuestos orgánicos, que con reactivos especiales forman complejos coloreados son numerosísimos, y la sensibilidad de esas reacciones colorimétricas basta a veces para determinar la presencia de ligeros vestigios del compuesto en estudio.

Se requiere para ello aparatos sensibles que determinen la intensidad de la coloración obtenida, tales como los fotómetros visuales y de filtro y los indicadores o registradores de célula o tubo fotoeléctrico.

Este método se usa sobre todo en el análisis de vapores o polvos metálicos, formaldehidos, óxidos de nitrógeno, amoníaco, cloro, sulfuro de hidrógeno, fluor, monóxido de carbono, anhídrido carbónico y otros muchos compuestos orgánicos e inorgánicos.

#### Métodos Nefelométricos y Turbidimétricos:

En este método los precipitados obtenidos se analizan cuantitativamente por medición óptica de la luz que pasa a través de las correspondientes suspensiones. Se utiliza en el análisis de gases y partículas. No requiere muestras muy grandes.

#### Métodos Cromatográficos:

Tienen una sensibilidad inferior a  $1 \mu\text{g}$  y se aplican a toda clase de sustancias. Este método se basa en separar e identificar sustancias por adsorción en columnas adsorbentes o en papel especialmente sensibilizado y por elución ulterior mediante disolventes selectivos de los distintos compuestos adsorbidos. De esta forma se separan los compues-

tos de una mezcla compleja sin que experimenten cambios químicos.

## 5. BASES PARA UN REGLAMENTO SOBRE CONTAMINACION DEL AIRE Y SU APLICACION

### 5.1. Bases para el Control de la Contaminación Atmosférica

El control de la contaminación atmosférica exige la preparación y aplicación continua de un programa racionalmente establecido que comprenda todos los intereses afectados y al mismo tiempo encauce y coordine los esfuerzos de la comunidad tendientes a lograr la mejor solución para cada problema particular. Es indudable que la magnitud de la situación existente y reconocida, no podría ser expresada con certeza en términos técnicos dada la carencia de un estudio de las causas, efectos y condiciones ambientales que las determinan.

La lucha contra la contaminación atmosférica debe hacerse en base a un estudio integral previo, o con una base técnica que indique con precisión la naturaleza y magnitud de los distintos factores de contaminación y conocer el poder de dilución y remoción de contaminantes por la atmósfera, pero la ausencia de estas bases el ataque del problema deberá hacerse por los siguientes caminos:

- a) Camino de la mejor práctica: éste implica la instalación de equipo de control de acuerdo a las posibilidades económicas, siempre que no se tenga un conocimiento cabal del problema y sin saber a ciencia cierta cual es el contaminante o los contaminantes cuya descarga es responsable del perjuicio que se desea combatir.
- b) Camino del transplante de soluciones: éste método implica la adopción de medidas basadas en normas sean ellas de calidad del aire, de emisión de contaminantes o de diseño de procesos y equipos que ha sido aplicado con éxito en otros países. Este método así considerado tiende a ser ineficaz o ex-



cesivamente costoso debido a las distintas condiciones existentes en los otros países y dará como resultado instalaciones que no cumplen su cometido o que cuestan mas de lo demandado por la solución del problema. Factores tales como la meteorología, topografía, características y evolución de la población, condiciones económicas, etc. se oponen a la adopción de normas uniformes en poblaciones distintas. Es sin embargo evidente que muchos de los programas de control de la contaminación atmosférica han sido inspirados en los procedimientos existentes con resultados variados.

c) Método Racional, este método implica la consideración de las siguientes etapas sucesivas:

- 1) Definición precisa del perjuicio que se desea combatir.
- 2) Medición del efecto del perjuicio.
- 3) Definición, adecuada a las condiciones, de un valor máximo admisible de la magnitud de los efectos ocasionados por la contaminación atmosférica.
- 4) Identificación de las fuentes de contaminación.
- 5) Medición de las emisiones en las fuentes.
- 6) Correlación de las emisiones con el índice de contaminación en función de los parámetros que definen la dilución atmosférica.
- 7) Definición de las emisiones máximas admisibles.
- 8) Establecimiento de un sistema de control.

El primer paso de este control deberá ser la defini-

ción precisa del prejuicio que se desea combatir, la cual puede ser la consecuencia directa de las quejas de la población o derivar del conocimiento científico, la primera conduce al establecimiento de normas de efectos y lo segundo conduce al establecimiento de normas de calidad del aire.

Para eliminar completamente la contaminación atmosférica necesitaríamos hacer un gasto excesivo, de consiguiente el factor económico demanda un nivel aceptable. A este nivel aceptable se le llama "norma de calidad del aire"; sin embargo no es posible dar una línea de división bien marcada entre el nivel aceptable y el no aceptable. La concentración al nivel aceptable representa el valor aproximado en el cual se espera que ocurran los primeros efectos o por el contrario el nivel de concentración bajo el cual no ocurrirán los efectos.

## 5.2. Evaluación de los Métodos de Control.

Al hacer la evaluación de los métodos de control se puede considerar el costo de las medidas de control, comparando los costos de varios controles; o puede no considerarse los costos cuando la salud de las personas está en peligro, en este caso se justifica cualquier acción de control que deba llevarse a cabo.

El problema de la contaminación atmosférica ocasionará sobre una población costos que pueden ser evaluados de la siguiente forma:

a) **Costos Directos:** son aquellos que implican pérdidas económicas tales como daños a las cosechas, daños a los materiales debidos a la corrosión y ensuciamiento, gastos ocasionados por mantenimiento extra de la ropa, muebles, residencias y edificios.

b) **Costos Indirectos:** son aquellos difíciles de evaluar en términos de dinero como por ejemplo pérdidas de

las personas que tuvieron que mudarse a una zona donde no exista el problema de la contaminación atmosférica, productividad reducida de los trabajadores expuestos a contaminaciones, etc.

c) Posibles Peligros a la Salud: estas pueden dar una evaluación monetaria como las personas que son víctimas de alguna enfermedad o muerte, la posibilidad de alteración de importantes funciones psicológicas, la pérdida del bienestar etc.

Existe una variedad de medidas de control aplicables teóricamente las cuales se pueden clasificar en:

a) Controles Primarios: por medio de este método se evita la formación del contaminante en la fuente; por ejemplo para una emisión industrial el control primario consiste en cambios en el proceso de producción u operar con un equipo mas eficiente.

b) Controles Secundarios: son aquellos en donde se evita que los contaminantes ya formados sean vertidos a la atmósfera por medio de equipo adecuado que recoge el contaminante inmediatamente después de su formación o por medio de altas chimeneas que permitan una dilución rápida de los contaminantes.

c) Controles Terciarios: son aquellos en los cuales después de haber vertido los contaminantes potencialmente dañinos en la atmósfera, se previene que sean inhalados por los receptores mediante equipo adecuado como máscaras de gas, instalaciones de aire acondicionado para las personas muy sensitivas, etc.

#### Costos a considerar en las medidas de Control:

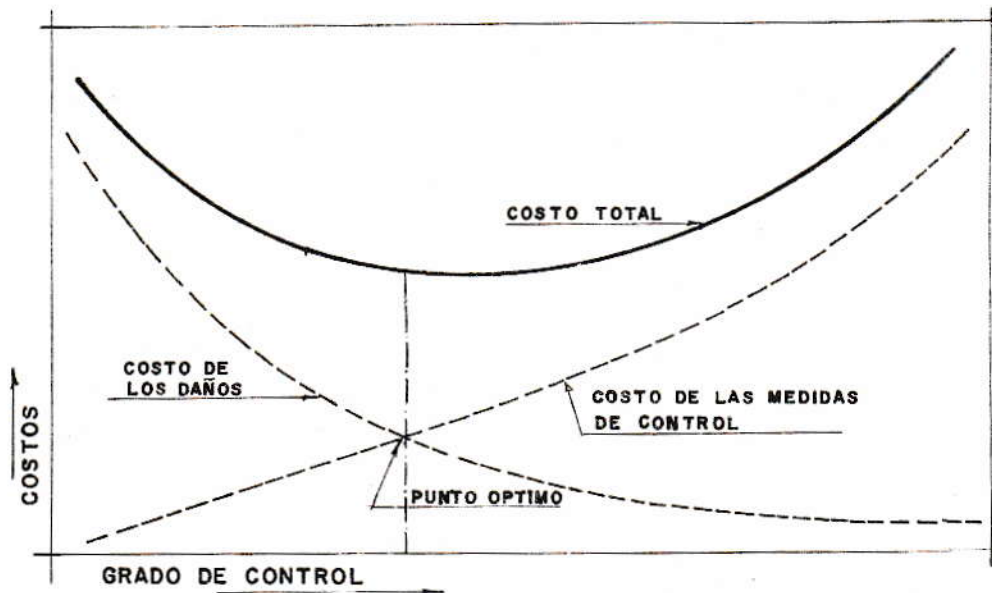
a) Costos Directos: incluyen todos los dispositi -

vos del equipo de control, su instalación, su inspección y su mantenimiento.

b) Costos Indirectos: incluyen todos los trabajos de ingeniería, científicos y de administración que intervinieron en el desarrollo de experimentos e instalaciones de los equipos de control.

La siguiente curva del control económico de la contaminación atmosférica nos da un racional y económico balance entre el costo del daño ocasionado por la contaminación y el costo del equipo e instalación de control. La curva de la izquierda "Costos de los Daños Ocasionados por la Contaminación Atmosférica" sumada a la curva de la derecha "Costos de las Medidas de Control" se obtiene la curva del costo total para un grado deseado de control, en ella se ve fácilmente el nivel económico del control escogido el cual debe estar cerca del punto óptimo de la curva.

Control Económico de la Contaminación Atmosférica



### 5.3 ALGUNOS REGLAMENTOS DEL PLAN REGULADOR PARA EL AREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

#### Normas Generales:

Artículo 7o.: Para la instalación de cualquier tipo de industria en el municipio y área de influencia urbana de la ciudad de Guatemala deberá obtener la licencia respectiva, encargándose a la oficina de Urbanismo que en consulta con la oficina del Plan Regulador, comprobará si la instalación proyectada cumple con lo prescrito en este reglamento y demás disposiciones vigentes y en caso afirmativo, procederá a extender la licencia respectiva.

#### De la localización Industrial:

Artículo 11o.- Se denominará situación de la industria a la ubicación de los edificios de uso industrial en relación con las demás edificaciones urbanas.

Situación "A": En locales de edificios destinados a vivienda, o vecinos a vivienda unifamiliar o multifamiliar.

Situación "B": En naves o edificios interiores en parcelas o en patios centrales de manzanas cuya construcción total no exceda de 100 m<sup>2</sup> y que estén debidamente aislados.

Situación "C": En edificios exclusivos para industrias unifamiliares, con fachada a la calle y con la protección para edificaciones vecinas según lo establece este reglamento y sus anexos.

Situación "D": En manzanas completas.

Situación "E": En las zonas industriales especiales.

Situación "F": En zona industriales

Situación "G": Aisladas. Tomando como base para esta calificación, que no halla ni pueda haber ningún otro edificio a una distancia de 500 m de cualquier punto de la construcción así calificada.

Artículo 12o.: En la industria considerarán las siguientes categorías:

Categoría 1a. Artesanía pequeña industria sin comodidad para las viviendas colindantes. Se admite en situación "A".

Categoría 2a. Pequeña industria y mediana baja tolerable para las viviendas colindantes. Se admite en las situaciones "B", "C" y "D".

Categoría 3a. Pequeñas industrias incómodas permitidas (zonas de tolerancia). Admitida en las situaciones "C" y "D".

Categoría 4a. Grandes almacenes industriales. Se admite en las situaciones "E", "F" y "G".

Categoría 5a. Pequeñas industrias incómodas. Sólo permitida en núcleos industriales en las situaciones "E" y "F".

Categoría 6a. Mediana y gran industria. Permitida en las situaciones "E", "F" y "G".

Categoría 7a. Industria peligrosa. Admitida únicamente en la situación "G".

Artículo 13o.: Previo a la autorización de una instalación industrial la oficina del Plan Regulador, deberá revisar el proyecto en los siguientes aspectos a fin de que se ajuste a las normas establecidas para cada situación en la ciudad:

- a) Ruido y vibración
- b) Humo
- c) Olor
- d) Polvo y suciedad
- e) Gases nocivos
- f) Deslumbramiento y calor
- g) Riesgos de incendio y explosión
- h) Desechos industriales
- i) Transporte y tránsito
- j) Estética de la construcción
- k) Efectos psicológicos

Artículo 15o.: Para las industrias que se encuentran en las situaciones "A", "B" y "C" se tolerarán como máximo concentraciones de humos en la boca de la chimenea y otras salidas que correspondan al 1 de la tabla Ringelmann. Para las industrias que se presentan en las situaciones "E", "F" y "G" pero localizadas al norte de la capital se permitirán concentraciones equivalentes al 2 de la misma tabla. En cualquiera otras condiciones se tendrá como máxima concentración el 3 de la tabla Ringelmann.

Artículo 16o.: La densidad de partículas sólidas, líquidas o gases en suspensión en la atmósfera que rodea a una instalación fabril, deberá ser como máximo del 25% de la densidad permisible en el interior; esta se da en el cuadro adjunto. Para el objeto se instalarán filtros y purificadores apropiados en

## 6. CONCLUSIONES

El aire contaminado (ya sea el aire contaminado en lugares de trabajo o el aire contaminado en poblaciones o el aire contaminado asociado con el humo del cigarrillo) es la causa de las principales enfermedades que afectan las vías respiratorias; el complejo mecanismo por el cual se lleva a cabo no está todavía muy claro, sin embargo los conocimientos reales adquiridos justifican cualquier campaña de control a manera de eliminar los medios de contaminación.

La meteorología debe ser una parte integrante de cualquier programa para resolver un problema de contaminación del aire, ya sea en una fábrica, en una zona industrial o en todo un país. Si se trata de decidir la ubicación y el trazado de futuras aglomeraciones urbanas deberá tenerse en cuenta factores tales como la circulación del aire y las concentraciones provenientes de una o varias fábricas.

Los fabricantes de vehículos son los que están en la mejor posición de diseñar sus máquinas con los dispositivos de eliminación de sustancias contaminantes tales como los que evitan los escapes de productos de combustiones incompletas y los post-quemadores; de todas maneras los dispositivos de control actualmente existentes, permiten sostener límites tolerables de contaminantes atmosféricos.

Dada la gran variedad de métodos que existen para determinar la cantidad de sustancias suspendidas en la atmósfera, no pueden formularse reglas precisas para la elección de métodos y técnicas de análisis, salvo la de que conviene escoger procedimientos que permitan obtener el mayor grado posible de exactitud, de sensibilidad, de selectividad y de precisión. La combinación de esas propiedades no suele encontrarse en un solo método sin embargo la combinación de una gran variedad de técnicas permitirá obtener mejores resultados.



las chimeneas y bocas de ventilación. La densidad se medirá en cada caso en una área circular de 150 m. de radio, alrededor de cada instalación.

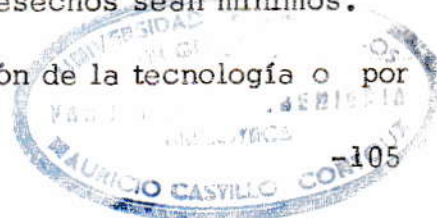
La información es un prerequisite importante para una acción efectiva en cualquier tipo de control. Una población estará dispuesta a pagar los costos necesarios, solamente cuando esté convencida de que aumentará la salud y el bienestar de sus habitantes y de que sus pérdidas económicas disminuirán. Las medidas legislativas que se apliquen no serán eficaces si la población no pone el empeño necesario para que se aminore la contaminación del aire. En el estado actual de los conocimientos es prácticamente imposible eliminar por completo la contaminación, pero pueden lograrse mejoras importantes a condición de que se perfeccionen los textos legales y su aplicación.

Dada la importancia de este tema, se hace necesario que la Universidad lleve a cabo programas de investigación aplicada conjuntamente con el I.G.S.S. y la Municipalidad, con el fin de determinar el tipo y grado de contaminación en las distintas zonas de la ciudad.

#### Recomendaciones:

##### A) De la Industrialización

- 1) Se sugiere el desarrollo de planes de urbanización en donde a la industrialización se le impongan limitaciones y aun su eliminación de aquellos centros urbanos, cuyas condiciones topográficas y meteorológicas sean adversas, para poder restringir la contaminación del ambiente con materias primas, productos, subproductos y desechos molestos y tóxicos.
- 2) En la planeación de futuras zonas industriales se requiere, desde el anteproyecto hasta su realización, el personal técnico necesario para lograr que los procesos industriales aprovechen el máximo los recursos naturales y de transformación, con el fin de lograr que los desechos sean mínimos.
- 3) En el caso de que, por limitación de la tecnología o por



incosteabilidad de procesos modernos, se obtengan como desechos sustancias que contengan elementos de posible utilización posterior, o tóxicos para la vida del hombre, la flora y fauna; esas sustancias sean motivo de ubicación y tratamientos especiales que los hagan inocuos.

B) De las Combustiones de los Motores de Combustión Interna:

1) Como las combustiones son fenómenos potenciales de la contaminación atmosférica, deben considerarse como los mejores combustibles, los gaseosos y ligeros y solo por razones de economía debe permitirse el uso de los derivados medianos y pesados del petróleo, siempre que estos reúnan calidades uniformes y se cuente con los dispositivos y motores adecuados para una completa combustión.

2) Nuestras calles estrechas limitan la dilución rápida de los contaminantes que vierten al aire los automóviles, autobuses y camiones viejos y mal mantenidos, de tal forma que una meta final para la eliminación del aire contaminado de nuestras calles citadinas será la electrificación del transporte urbano. El uso del diesel en el transporte urbano debe estar sujeto a una serie de limitaciones rígidas, en las cuales se cuente con un combustible de alta calidad, vehículos con potencia suficiente y manejados por operadores idóneos.

3) Debe promoverse el mejoramiento de la fluidez del tránsito urbano a manera de evitar el congestionamiento, por medio de estudios adecuados como el ordenamiento del tráfico, señales sincronizadas, pasos a desnivel, ampliación de las principales arterias y con otros elementos de la ingeniería vial moderna.

Juan Torres Bernades

Vo. Bo. Ing. Danilo Arís Pinto  
Asesor

Imprimase:

Ing. Amando Vides T.  
Decano

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

- 1- National Conference on Air Pollution.  
Proceedings.  
U.S. Department of Health, Education, and Welfare  
Public Health Service  
Division of Air Pollution  
Washington 25, D.C. 1963.
- 2- Industrial Dust; higienic significance; measurement and control, by Philip Drinker and Theodor Hatch  
New York and London, McGraw-Hill book company, 1936
- 3- 1er. Congreso Argentino de Saneamiento.  
Contaminación Atmosférica e Higiene y Seguridad Industrial.  
Publicación Oficial. Octubre 1965.
- 4- Introducción a la Higiene Industrial  
J.J. Bloomfield  
Editorial Reverté, S.A.

México. 1964.

- 5- A.S.T.M. Standards on Methods of Atmospheric Sampling and Analysis.

Prepared by A.S.T.M. Committee D-22

Published by the American Society for Testing Materials

Philadelphia-December 1959

- 6- Elements of Air Quality Management

Training Course Manual in Air Pollution

U.S. Department of Health, Education and Welfare

Public Health Service

Cincinnati, Ohio 45226, April 1967

- 7- Legal Aspects of Air Pollution

Training Course Manual in Air Pollution

U.S. Department of Health, Education and Welfare

Public Health Service

Cincinnati, Ohio 45226. April 1967

- 8- Contaminación de la Atmósfera

Organización Mundial de la Salud  
Ginebra. Suiza. 1962.

9- Organización Mundial de la Salud  
Serie de informes técnicos. No. 157  
Contaminación de la Atmósfera  
Organización Mundial de la Salud.  
Palais des Nations. Ginebra. 1958

10- World Health Organization  
Technical Report Series No. 271  
Atmospheric Pollutants  
Report of a W.H.O. Expert Committee  
W.H.O. Geneva. 1964

11- Air Pollution - 1966  
Hearings before a Subcommittee on Air and Water Pollution  
of the Committee of Public Works. United State Senate  
U.S. Government Printing Office  
Washington: 1966

- 12- Public Health Engineering  
by Earle B. Phelps and Collaborating Authors  
Volume I, Air Contact  
New York, John Wiley & Sons, Inc.

Publicaciones y Revistas.

- 1- Informe Preliminar acerca de la Contaminación Atmosférica en la Ciudad de México.  
Dr. Gustavo Viniegra Osorio y Colaboradores  
Boletín de la Dirección de Higiene Industrial  
México. D.F. 1960
- 2- La Explosión Urbanística y la Salud Pública  
Dr. Gustavo Viniegra Osorio  
Boletín de la Dirección de Higiene Industrial  
México. D.F. 1963
- 3- La Contaminación Atmosférica en la Ciudad de México  
Trabajo presentado en el primer congreso mundial contra  
la contaminación del aire.  
Buenos Aires. Argentina. 1965



4- Clearing the Air

A. Loyman's Guide to Atmospheric Purity by Wallace  
West.

Committee on Public Affairs

of the American Petroleum Institute

1271 Avenue of the Americas, New York 10020-1966

5- The Effects of Air Pollution

U.S. Department of Health, Education, and Welfare

Public Health Service. Division of Air Pollution

Washington D.C. 1966

6- The Federal Air Pollution Program

U.S. Department of Health, Education and Welfare

Public Health Service. Division of Air Pollution

Washington D.C. 1966

7- Today and Tomorrow in Air Pollution

U.S. Department of Health, Education and Welfare

Public Health Service. Division of Air Pollution

Washington D.C. 1966

- 8- Epidemiología de la Contaminación Atmosférica  
Informe de un Simposio  
P.S. Lawther, A.E. Martin y E.T. Wilkins  
Organización Mundial de la Salud  
Ginebra. Suiza
  
- 9- Airborne asphyxia an international problem  
The Institute of Electrical and Electronics Engineers,  
Inc.  
Reprinted with permission by the  
U.S. Department of Health, Education and Welfare  
October 1966
  
- 10- Air Pollution Control & Detection  
Laboratory Management  
August 1966
  
- 11- Technological Change as it Relates to Air Pollution  
U.S. Department of Health, Education and Welfare  
February 1966

Trabajos de Tesis

- 1- Consideraciones sobre un Parque Industrial para la Ciudad de Guatemala.

Víctor Manuel Molina Toledo

Guatemala, noviembre de 1966

