

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO DE LA CONTAMINACION DEL
AIRE DE LA CIUDAD DE MEXICO**

261

JORGE ORTEGA RUIZ

INGENIERO QUIMICO

1 9 7 4



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CLAS. Tesis
ADQ. 1924 243
FECHA
Mit. 246



COMUNICADO

PRESIDENTE: Dr. Ramon Vilchis Zimbron.

VOCAL: Ing. Jorge Mencarini Peniche.

SECRETARIO: Ing. Graciela Martínez Ortiz.

1er. SUPLENTE: Ing. Ramon Arnaud.

2do. SUPLENTE: Ing. Alberto de la Fuente.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: SUBSECRETARIA DE MEJORA-
MIENTO DEL AMBIENTE.

SUSTENTANTE: Jorge Ortega Ruiz.

ASESOR: Ing. Graciela Martínez Ortiz.

A MIS PADRES:

Por el apoyo y la gran
confianza que me otor-
garon.

A TI: CARMEN

I N D I C E

INTRODUCCION.....	Pág. 7
-------------------	-----------

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

Ciclos naturales.....	12
Ecología.....	15
Importancia del aire para el hombre.....	17
Atmósfera.....	22
Contaminación.....	28
Clasificación de los contaminantes.....	42
Metereología de la contaminación.....	51

CAPITULO II

CONTAMINACION EN MEXICO

Contaminación en México.....	68
Niveles de contaminación.....	76
Métodos de medición.....	94

CAPITULO III

FUENTES DE CONTAMINACION

Fuentes de contaminación.....	96
Automóviles.....	104
Plantas químicas.....	112
Plantas de cemento.....	120
Industria del hierro y el acero.....	125

CAPITULO IV

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA SALUD DEL HOMBRE

Efectos de la contaminación atmosférica sobre la <u>sa</u> lud del hombre.....	129
---	-----

CAPITULO V

Pág.

CONTROL DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

Control de contaminantes atmosféricos.....	135
Automóviles.....	141
Industria.....	147

CONCLUSIONES

Conclusiones.....	166
-------------------	-----

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía.....	168
-------------------	-----

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

Debido a que el ambiente de la Tierra es muy grande pero finito el crecimiento material no puede continuar indefinidamente ya que este crecimiento incontrolado ha afectado los ciclos ecológicos y naturales de la tierra. Se vislumbra el efecto de 3 variables principales que limitaran nuestro medio ambiente y estos son:

1o. El campo de la agricultura que alcanzara limites criticos para el año 2000.

2o.- La liberación de calor que en 130 años más aumentara la temperatura de la atmosfera a una razón de $.8^{\circ}\text{C}$ por año.

3o.- La capacidad de adsorción de la contaminación generada hacia el ambiente.

Este último es el tema que nos ocupa, la contaminación ambiental y en particular la contaminación del aire.

→ El crecimiento demográfico inmoderado, las grandes concentraciones humanas en pequeñas areas urbanas y los niveles de vida que demanda avances tecnológicos impresionantes, han destruido el balance del ambiente en varios aspectos, la relación del hombre a su ambiente ha sido afectada por la generación de contaminantes a tasas superiores a las que puede manejar la capacidad natural de absorción de la tierra. ←

Haciendo una analogía del cuerpo humano con la tierra -- puede la contaminación relacionarse con una infección la cual cuando es pequeña el cuerpo genera anticuerpos y defensas para contrarrestarla pero cuando esta infección va más allá de los limites de protección natural del cuerpo, es necesario --

agentes externos para contrarrestarla, ya que de no ser así - el cuerpo enfermaria. Nuestra tierra esta enferma y son necesarios factores externos que ayuden a este control de la infección en este caso la contaminación, estos agentes externos deberan ser desarrollados por el hombre, por medio de leyes, de medidas de prevención y un control en todas las areas debido a que el desarrollo sin un plan integral adecuado ha dado como resultado la incorporación de derivados indeseables de la actividad humana, creando así estos problemas. Estos problemas son resultado de la excesiva población localizada inadecuadamente que demanda grandes inversiones de capital agotando los recursos naturales y requiriendo grandes abastecimientos de alimentos.

→ El complejo problema de la contaminación ambiental ha trascendido en todos los ambitos de la sociedad. El hombre se ha percatado de que el ambiente que nos rodea es finito y de que estamos en una etapa trascendental para su supervivencia, J.W. FORRESTER en su Libro WORLD DYNAMICS. Muestra que la población y la inversión de capital crecen hasta que los recursos naturales decaen lo suficiente para inhibir el crecimiento. A medida que los recursos se agoten más, el mundo sera incapaz de mantener el crecimiento de la población.

El crecimiento de la población decae entonces paralelamente con la inversión de capital. La calidad de la vida, que depende de los niveles materiales de vida, alimentación, crecimiento y contaminación, cae debido a las presiones por la escases de recursos naturales.

Indica que para dentro de 30 años, el nivel de contaminación será seis veces más alto que el actual, y la población será de 5.5 mil millones de habitantes, comparados a los 3.6 mil millones actuales.

La axioma emitida por este autor es "La ciencia tendrá que encontrar medios de compensar los recursos naturales agotados"

→ En este trabajo vamos a examinar las diferentes clases de impurezas que el hombre vierte en el aire, el daño que éstas ocasionan, de dónde proceden y qué se puede hacer para eliminarlas. ←

En el Capítulo I trataré conceptos generales sobre la ecología y la importancia de un ambiente adecuado al hombre, además de la contaminación en general, su clasificación y su meteorología.

En el Capítulo II se verá la contaminación de México -- particularmente y los métodos de medición.

En el siguiente Capítulo se verán las fuentes de contaminación.

En el Capítulo IV los efectos de esta contaminación sobre la salud del hombre.

En el último Capítulo se tratará el control de los contaminantes atmosféricos, cuyo objetivo es "La conservación -

de las condiciones ambientales, necesarias para asegurar el completo desarrollo humano e industrial de México".

CAPITULO I

GENERALIDADES

GENERALIDADES.

El aire: Sople de la vida.

Probablemente el aire es la provisión más importante que llevamos los astronautas al atravesar el espacio en nuestra nave, el planeta tierra.

Esta delgada capa de atmosfera que mantiene la vida, es una mezcla de gases que se formo hace millones de años, cuando nuestro planeta, en estado de fusión, se enfrio y condensó, para formar rocas solidas y agua. Durante los siguientes millones de años esta nube gaseosa se convirtio gradualmente en una mezcla de ingredientes adecuada para hacer posible la vida tal como la conocemos hoy y la denominamos biosfera.

El delicado equilibrio de estos componentes se conservan gracias a la cooperación que existe en la naturaleza de una forma de vida con otra. Así, la vida vegetal absorbe bioxido de carbono para crear y prosperar y desprende oxigeno como residuo.

La vida animal por el contrario debe absorber oxigeno para sobrevivir y desprender bioxido de carbono como desecho.

Hay otras formas en que la naturaleza conserva este equilibrio; por medio de una serie de variaciones entre los cuales se encuentran los ciclos naturales.

CICLOS NATURALES.

Entre los ciclos naturales los principales son:

Energia

Carbono

Agua

Oxigeno

Nitrogeno

Minerales

CICLOS DE ENERGIA.

Existen tres fuentes principales de energia que son:

La radiación solar, la energia termica almacenada en el interior de la tierra y la energia de las mareas.

La radiación solar es 5000 veces más grande que las otras dos juntas y equivale a 173,000 millones de megawatts.

El 30% de la radiación solar se refleja directamente al espacio, el 47% se convierte en calor en la biosfera, el 23% da lugar a la evaporación y precipitación, y cantidades más pequeñas de energia, generan los vientos y la absorben las plantas, que efectuan la fotosintesis en la que se transforma la energia solar en energia almacenada.

La energia termica almacenada en el interior del planeta que llega a la superficie por la conducción del calor y por convección en los geisers, manantiales de agua caliente y por los volcanes, tiene una magnitud de 34 millones de megawatts.

La energia de las mareas derivadas de la combinación de energia cinetica y potencial del sistema Tierra-Luna-Sol, suman total 3 millones de megawatts.

Otra forma de obtención de energia es por fisión atomica y en el futuro por fusión atomica, cuya capacidad resalta al ver que 750 gramos de uranio son equivalentes a 2000 toneladas de carbon o a 10,000 barriles de petroleo.

CICLO DE AGUA.

El agua se encuentra en un permanente cambio, tanto en su estado, que puede ser solido, liquido y gaseoso, como en su composición y localización geografica. La tierra tiene entre sus oceanos, casquetes polares, lagos, rios, en el subsuelo y en la atmosfera 1.500,000 millones de metros cubicos de agua.

El ciclo del agua en la biosfera se mantiene porque la -- evaporación y la precipitación mundiales son iguales; se inicia con la evaporación una vez en el aire el vapor de agua puede circular localmente o formar parte de la circulación general de la atmosfera de donde se precipita en forma de lluvia, granizo o nieve de donde la tomamos las formas vivas, reintegrandola eventualmente al ciclo.

CICLO DEL CARBONO.

El carbono, que es un constituyente esencial de las formas organicas se encuentra en la biosfera principalmente en -- forma de bioxido de carbono (CO_2). El ciclo se inicia al tomar las plantas el bioxido de carbono que utilizan para hacer carbohidratos y otros compuestos organicos por medio de la fotosíntesis. Los herbivoros y eventualmente los carnivoros que ingerimos el bioxido de carbono, lo regresamos como resultado de la respiración.

El carbono que no regreso a la atmosfera, se fija al suelo en forma de materia organica descompuesta que se transforma en sedimentos, carbon, petroleo o gas natural, que millones de años despues se reintegran al ciclo al quemarse como combusti-

bles o por las erupciones volcánicas.

CICLO DEL OXIGENO.

El oxígeno libre no solo mantiene la vida, sino que fue una de los componentes originales, pues en última instancia se forma de la descomposición de las moléculas de agua por la energía solar en la fotosíntesis, formando la cuarta parte de las moléculas vitales. El ciclo del oxígeno es muy complejo debido a que forma parte de casi todas las sustancias orgánicas e inorgánicas ya sea en forma de oxígeno atómico (O), oxígeno molecular (O₂) u ozono (O₃).

CICLO DEL NITROGENO.

El nitrógeno se encuentra en gran cantidad en la atmósfera (78%) pero tiene que ser fijado o nitrificado a un compuesto químico para que sea asimilable por plantas y animales; este proceso de nitrificación lo pueden efectuar ciertas algas marinas y bacterias terrestres y las actividades industriales y agrícolas. Los animales incorporan el nitrógeno que desechan en forma de urea que pasa a formar amoníaco, nitritos y nitratos, reincorporándose así a la biosfera.

CICLOS DE LOS MINERALES.

Una pequeña porción de los minerales de la tierra se encuentran como integrantes de la materia viva en sí, la mayor parte forma parte del subsuelo, de donde el hombre las extrae para su utilización, como materia prima en los procesos industriales y en la construcción.

En ambos casos se mantiene un ciclo de reutilización, pe-

ro como todos los ciclos antes descritos exceptuando el de - -
Energía solar la materia que participa del ciclo es limitada o
finita.

ECOLOGIA.

El hombre en su lucha irreflexiva por progresar, ha ido de
masiado lejos, y ahora amenaza con romper todo el equilibrio. -
Quemamos tanto combustible para conducir los coches, calentar -
las casas, mover las fabricas y hacer volar los aviones, que es
tamos consumiendo oxígeno y produciendo bioxido de carbono a --
tal velocidad, que la naturaleza apenas puede mantener el rit -
mo. Al mismo tiempo estamos talando grandes extensiones de bos-
ques que nos ayudarían a restablecer el equilibrio. Ya hay seña
les de que la contaminación de bioxido de carbono en la atmósfe
ra ha aumentado.

Nadie sabe cual sera el resultado de este incremento, pero
algunos hombres de ciencia advierten que si continua, cambiara-
radicalmente el clima terrestre.

El hombre no sólo esta alterando el equilibrio oxígeno-bio
xido de carbono de la atmósfera; también esta vertiendo en ella
enormes cantidades de otros gases y polvos de desecho.

Hasta hace poco tiempo, el volúmen de estos desperdicios -
era bastante pequeño y la atmósfera podía absorberlos y expul -
sarlos sin mucha dificultad. Ahora, sin embargo, en muchos si-
tios las actividades humanas han aumentado hasta el punto de --
que sus habitantes viven bajo una nube constante de estos des -
perdicios.

Nadie sabe con certeza cual será el resultado de enviar - al aire tantas impurezas.

Pero parece probable que se esten causando daños en la salud, corrosión de algunos materiales y la muerte de la vegetación. Esta contaminación del aire como la denominamos, es sólo un ejemplo de como el hombre esta alterando su ambiente sin -- pensar en los resultados.

Se conoce con el nombre de ecología la forma en que estamos relacionadós con el ambiente, y las diferentes partes en - que este lo está con nosotros.

Etimologicamente indica el estudio de nuestra casa, es de cir la tierra, ya que el termino viene del griego OIKOS: casa- y LOGOS: tratado. La ecología se encuentra regida por tres le- yes que son:

Ley de interdependencia

Ley de limitación

Ley de complejidad

Ley de interdependencia.- Indica que cada individuo o elemento de la tierra esta relacionado con todos los demás.

Ley de limitación.- Nos dice que nada crece infinitamente. - - Ningun organismo, especie ni población crecen de una manera in finita, la naturaleza misma establece una limitación.

Ley de complejidad.- Se refiere a la intrincada y fragil red - de interrelaciones por medio de las cuales es posible la sub - sistencia en la biosfera.

Estamos descubriendo que no podemos trastornar una parte- de nuestra ecología sin afectar a otra. En sí la ecología es -

tudia las relaciones entre los organismos y su medio ambiente, o sea analiza el intrincado funcionamiento de la biosfera.

Se observa entonces así, que si enterramos la basura para librarnos de ella, podemos contaminar nuestro abastecimiento de agua, cuando la lluvia arrastre las impurezas. Si en vez de hacerlo así quemamos los desechos corremos el riesgo de contaminar el aire con humo y hollín.

Si pulverizamos pesticidas en el aire para proteger nuestras cosechas, la lluvia puede arrastrar estos compuestos químicos hasta el mar, donde los absorberán los peces y nos serán devueltos en nuestra comida.

Aunque este trabajo se va a concentrar en los problemas de la contaminación del aire, tales ejemplos ilustran la importancia de que las partes de nuestro ambiente están interrelacionadas entre sí. El hombre ha manifestado la tendencia a -- pasar por alto el hecho de que depende completamente de la -- gran red de funciones y organismos que constituyen los ciclos rítmicos y las cadenas de nutrición, en las que una parte viva del ambiente se alimenta de otra. Este es el concepto básico de la conservación.

IMPORTANCIA DEL AIRE PARA EL HOMBRE.

→ El aire es tan necesario para el hombre como el agua para el pez. Es su fuente de oxígeno. Así como el pez tiene que hacer pasar grandes cantidades de agua por sus branquias para obtener oxígeno, el hombre ha de inhalar y exhalar enormes volú-

menes de aire para poder sobrevivir. En realidad en el hombre-promedio circulan por sus pulmones aproximadamente 14,000 litros de aire diarios.

Un hombre puede pasar varias semanas sin comida y puede incluso soportar tres o cuatro días sin agua, pero le es imposible sobrevivir más de cinco minutos sin la cantidad necesaria de aire. Cuando se considera cuan importante es el aire para la vida, es difícil entender porque siempre damos por seguro que la provisión de aire es ilimitada y que realmente carecen de importancia las impurezas que se derraman en él.

Simplemente, suponemos que el aire los arrojara fuera. -- Esta idea es errónea y la sociedad se ha dado cuenta del hecho de que la capacidad del aire para actuar como una especie de basurero arrastrado por el aire, es limitada.

Millones de personas constantemente vierten a la atmósfera toneladas de desperdicios de las industrias, casas y de los automóviles. Una buena parte de estos contaminantes permanece en ella para causar molestias y enfermedades.

NO → Antes de ocuparnos de la contaminación vamos a tratar de comprender mejor los usos adecuados del aire. El cuerpo trabaja en forma muy semejante a la de un automóvil. El motor de este, absorbe aire por un filtro lo mezcla con gasolina y quema el combustible para proporcionar la energía que hace que se mueva el automóvil. Los gases residuales de la combustión, salen por el escape posterior y el exceso de calor se elimina -- gracias al ventilador del radiador.

En forma muy parecida, el inhalar aire a través de un filtro (los pulmones), lo mezcla con el combustible (alimentos) y lo quema a fin de proporcionar energía para todas las funciones del cuerpo. Los gases de desecho se exhalan por -- los pulmones y el calor excesivo se elimina por la piel y -- los pulmones. Esta es la función respiratoria y todos los seres vivos la realizan de una u otra forma.

El cuerpo inhala aire al expandir el torax que es la cavidad enmarcada por las costillas y el diafragma y que contiene dos pulmones. Al suceder esto, también se expande los pulmones e inhalan el aire. Antes de los pulmones están la tráquea, gran tubo que baja de la garganta y que se divide para formar los bronquios, que a su vez se subdividen una y otra vez en bronquiolos, que terminan en pequeñas bolsas que se llaman alveolos. El oxígeno del aire puede atravesar las paredes de los alveolos, para combinarse con una sustancia de la sangre llamada hemoglobina.

Al mismo tiempo, el bióxido de carbono, gas de desecho producido al quemar el cuerpo su combustible, pasa de la sangre, por las paredes de los alveolos y, de ahí, a los pulmones para eliminarlo al exhalar.

La sangre con su nueva provisión de oxígeno fluye a todos los órganos y tejidos del cuerpo a los que proporciona oxígeno y de los que recoge una nueva cantidad de bióxido de carbono. El ciclo completo vuelve a repetirse. Es una función esencial del cuerpo.

Los pulmones estan equipados con algunas formas de proteccion contra el aire sucio aunque se sienten indefensos contra un ataque de gran importancia. Miles de vellosidades llamadas cilios, revisten las superficies internas del pulmon y continuamente expulsan hacia afuera cualquier materia extraña. La superficie interna pulmonar tambien secreta un liquido llamado moco, que contribuye a la limpieza. Si los pulmones se irritan, el flujo de moco aumenta. Es viscoso y se expulsa al toser - - cuando se tiene catarro. A pesar de estas defensas las particu las excesivamente pequeñas de los contaminantes que acarrea el aire pueden llegar a lo más profundo de los pulmones alojarse ahí y provpcar probablemente una enfermedad.

Las plantas utilizan el aire para la fotosintesis, fun -- ción mediante la cual fabrican materia viva a partir de subs -- tancias minerales. En la fotosintesis la planta absorbe bioxi -- do de carbono a travez de los pequeños poros o aberturas de -- las hojas y otras superficies verdes. Después por medio de una complicada reacción química con el agua y un compuesto verde -- llamado clorofila se forma carbohidrato (azucar) y oxigeno. El carbohidrato se almacena en la planta y el oxigeno se despren -- de por las hojas. Para que tenga lugar esta reacción completa -- se requiere, por fuerza, la energia solar.

Pero necesitamos el aire no sólo para respirar y para que crezcan las plantas. Si de algun modo pudieramos llevar con no -- sotros toda la provisión de aire y de alimentos necesaria para vivir en un mundo del que se hubiera extraido gradualmente el-

aire, tendríamos de todos modos problemas. El agua se evaporaría y desaparecería en el espacio. No se podría conducir un -- automovil porque no habria gasolina para la combustion. No sería posible encender la luz porque todos los fuegos de las fabricas generadoras de electricidad se extinguirían. Si intentáramos quejarnos nadie nos oiria porque el sonido no se propaga a través del vacío.

No hay porque esperar nada tan drastico de nuestros abastecimientos de aire, pero debemos estar concientes de que hasta que extremo podemos llegar.

A T M O S F E R A .

La capa atmosférica de la tierra no es más gruesa comparada con el diámetro terrestre que la piel para una manzana. Esta constituida por una mezcla de gases en la siguiente proporción:

Nitrogeno 78%

Oxigeno 21%

Argon 0.93%

Anhidrido carbonico 0.03%

Otros gases 0.04%

Hay además cantidades variables de polvo y vapor de agua.

El oxígeno y el anhídrido carbónico son los componentes de la atmósfera que participan directamente en el proceso vital de los animales y las plantas. La principal función del nitrógeno es diluir el oxígeno, haciéndolo respirable para el hombre y los animales. El anhídrido carbónico es utilizado por las plantas.

La composición natural es la misma en toda la atmósfera pero su temperatura y presión varían notablemente con respecto a la altura y latitud. El movimiento de la atmósfera depende de tres cosas: del efecto calefactor del sol, de la rotación de la tierra y de la fricción entre la atmósfera y la tierra en rotación.

La atmósfera se va haciendo menos densa según aumenta su altura, hasta ser imperceptible.

Debido a la compresibilidad de la atmósfera la mitad de los gases se encuentran debajo de los 5500 metros de altura. El espesor aproximado de la atmósfera es de 32000 Km.

La estructura de la atmosfera la forman tres capas consecu
tricas. Estas capas son:

La TROPOSFERA que como mencione anteriormente es la zona de los
cambios, en ella se encuentran cerca de las tres cuartas -
partes del aire del atmosfera.

La ESTRATOSFERA, capa de unos 50 km. de espesor separada de la
tropósfera por una estrecha faja denominada TROPOPAUSA. La fa-
ja de ozono de la estratosfera impide el paso hacia la tierra-
de los rayos ultravioletas del sol, es decir sirve de filtro -
para estos peligrosos rayos. Las zonas inferiores de la estra-
tosfera han sido exploradas por el hombre, y son utilizadas --
por la aviación. En la estratosfera se encuentra una cuarta --
parta de todo el aire de la atmosfera.

La IONOSFERA presenta varios niveles donde se reflejan hacia-
la tierra las ondas de radio lo cual facilita la radiodifu --
sión a grandes distancias. En la Ionosfera, a pesar de la vag
tedad del espacio que ocupa, solo se encuentra una parte mini
ma del aire de la atmosfera.

La Ionosfera esta constituida por Iones o sea, moleculas
electrizadas por las radiaciones solares. Algunas de sus ca -
pas reflejan las ondas de radio de la misma manera que un es-
pejo refleja la luz. Si no fuera por la Ionosfera no seria po
sible escuchar una transmisión de radio más alla del horizon-
te visible desde la antena transmisora. Esta limitación sub -
siste en la televisión ya tenido que ser resuelta por medio-
de satelites que hacen las veces de la Ionosfera en las ondas

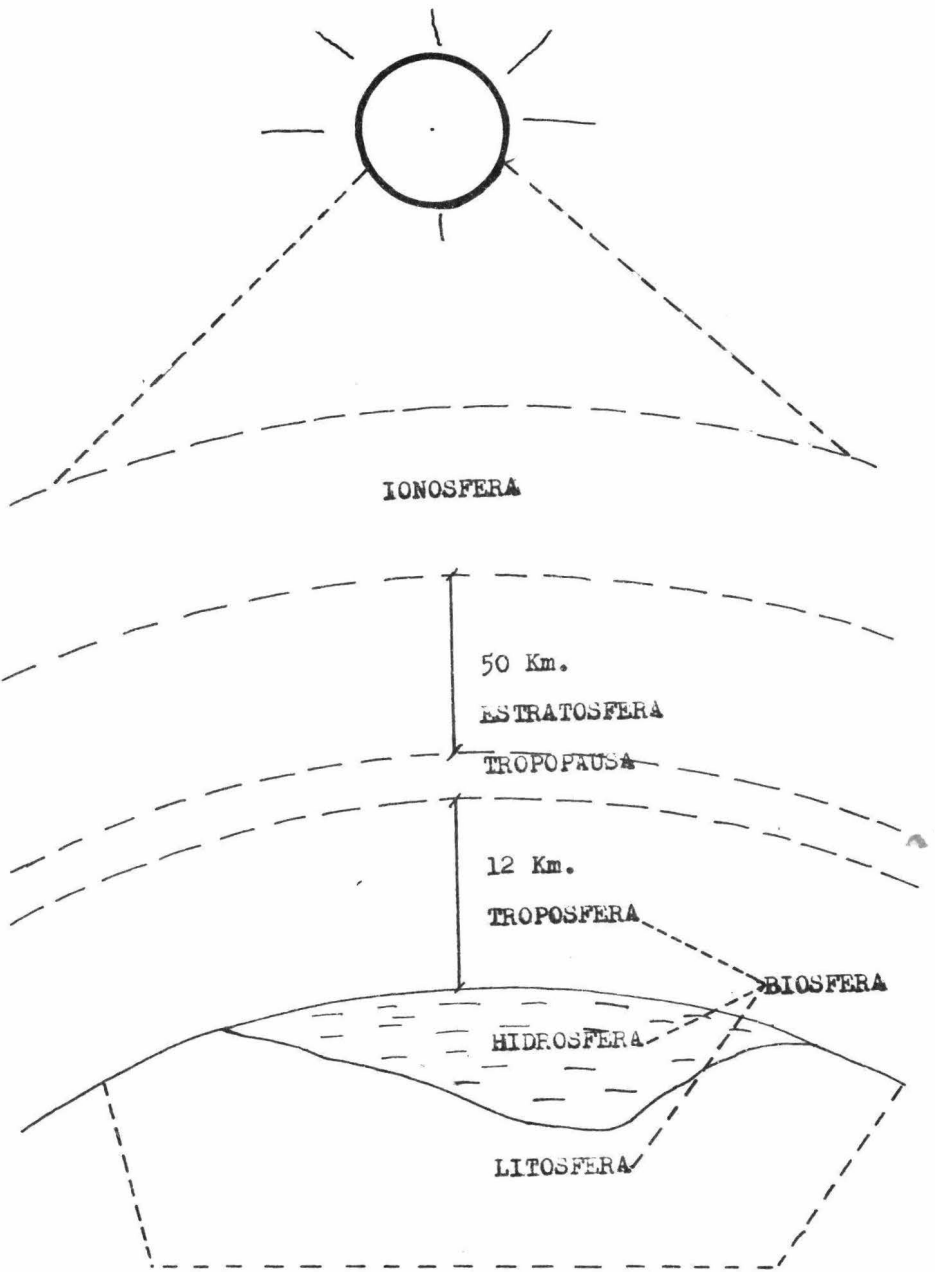


Fig II .- LA ATMOSFERA

de radio.

Las funciones de la atmosfera son muchas pero las más importantes son:

Mantiene una temperatura adecuada sobre la tierra, impidiendo los cambios bruscos que harían inhabitable nuestro planeta.

Hace la combustión y la respiración posibles y, con ellas la vida misma.

Transmite el sonido.

Difunde la luz de tal manera que los lugares a la sombra no se encuentran totalmente a oscuras.

Por su fuerza de sustentación permite la elevación de -- globos llenos de gases ligeros.

Ofrece resistencia, lo cual hace posible el vuelo de las aves y de los aviones.

Ayuda a la agricultura, pues el suelo sin aire no es cultivable.

Cuando el aire se pone en movimiento forma vientos, quedan origen a las olas y a las corrientes marinas; los vientos distribuyen la humedad en forma de lluvias y nevadas; dispersan el polen y las semillas de las plantas; sirven como fuerza impulsora; actúan como agentes de erosión en las regiones áridas, y pueden causar enormes daños en forma de tornados y huracanes.

Se puede considerar a la atmosfera como un enorme reactor en el cual tiene lugar una gran cantidad de reacciones --

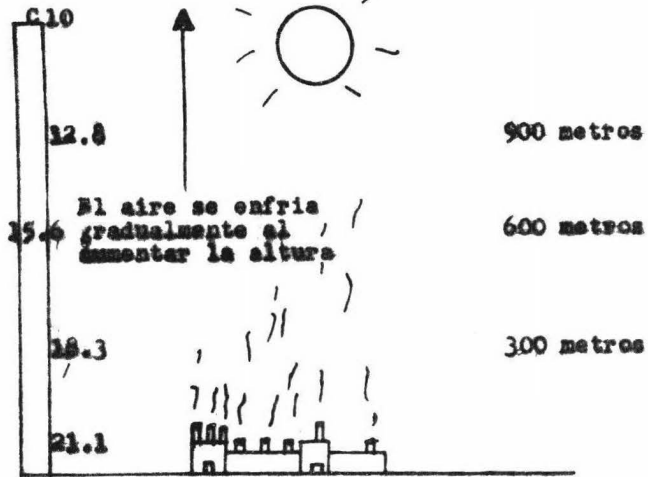
químicas, un reactor en el que con los cambios de presión y -- temperatura, cambia también su comportamiento. Un verdadero -- sistema dinámico.

De los fenómenos atmosféricos hay dos que tienen una -- gran relación con el problema de la contaminación y son:

Las reacciones Fotoquímicas y las inversiones térmicas.

Las reacciones fotoquímicas que dan origen a la niebla - fotoquímica típica de las grandes urbes, surgen cuando la -- energía del sol es absorbida por el dióxido de nitrógeno (NO_2)- en presencia de hidrocarburos dando lugar a la formación de - óxido nítrico (NO) y oxígeno atómico (O). Estos a su vez reacc cionan con otros contaminantes dando lugar a otros nuevos con taminantes que son altamente tóxicos. Las reacciones fotoquímicas las veremos con mayor detalle en la parte de la contami nación por gases.

La inversión atmosférica o inversión térmica es el fenómeno en el cual se forma una capa de aire frío abajo de una - de aire caliente. La capa de aire frío, que pesa más, no puede ascender y mezclarse con la de aire caliente, generándose un estado particularmente estable. Las inversiones suceden -- con frecuencia durante las noches en que las capas cercanas - se enfrían y quedan atrapadas por las capas altas más calientes. Al incidir los rayos del sol, puesto que las primeras en calentarse son las capas altas de la atmósfera, se genera la inversión. Unas horas después los rayos del sol calientan el suelo y este, por convección, calienta a las capas bajas a --



DIA CLARO- NO HAY INVERSION. (ALGO DE VIENTO)



DIA CLARO- INVERSION (POCO VIENTO).

DIAGRAMA DE UNA INVERSION.

una temperatura mayor que la de las capas altas. Así la atmósfera cercana al suelo que contiene una alta concentración de gases, puede elevarse rompiendo la inversión.]

Si la mañana tuviese niebla y un alto índice de contaminación, la radiación solar tiende a calentar las partes altas de la atmósfera pero no las bajas, por lo que la inversión puede mantenerse incluso durante varios días. De suceder lo anterior en una zona urbana-industrial la emisión de contaminantes se ve atrapada sin poderse dispersar, por lo que su concentración aumenta de una manera muy crítica.

CONTAMINACION.

La contaminación se define como:

"La presencia en el medio ambiente de materia o energía - producidos naturalmente o vertidos por el hombre, en cantidades, concentraciones y durante un tiempo suficiente para perjudicar, causar molestias, amenazar la salud o la vida de personas, animales o plantas; dañar los bienes y obstaculizar el disfrute razonable de la naturaleza".

El término usado para denominar la contaminación del aire, más conocido es el de "SMOG" que es un anglicismo cuyo origen son las palabras: smoke-humo y fog-niebla, cuya traducción al español es "neblumo".

Desde que el hombre descubrió cómo utilizar el fuego, empezó a contaminar el aire, pues es precisamente el fenómeno de la combustión [el método que empleamos para obtener la mayor parte de la energía que requieren nuestras necesidades) la que envia-

más impurezas a nuestra atmosfera.

La combustión adopta muchas formas: La sencilla fogata; - el fuego crepitante de carbon o de petroleo y la explosión controlada de gasolina en los cilindros de los motores que impulsan vehiculos de transporte. Cualquiera que sea la forma, la - combustión produce compuestos de desecho que, si no se controlan, van a parar al aire: Por los tubos de escape, por la chimenea, o directamente ↙

Al hombre primitivo, probablemente le molestaba algo el humo de sus hogueras, pero el de la madera no es tan desagradable y habia pocos habitantes en la tierra para producir cantidades suficientes como para preocuparse. Sólo cuando un - - gran número de personas empezaron a vivir juntas y a utilizar carbón en lugar de leña, percibieron como el humo y los gases sulfurosos enviciaban gran parte del aire que les rodeaba.

Esto es lo que acontecio en el siglo XIII en Inglaterra.- La madera escaseaba y la gente empezo a utilizar el "carbón de mar" que era lo que ahora conocemos como hulla. En aquella epoca la palabra de carbón se utilizaba unicamente para el -- carbón vegetal, y el nuevo combustible recibio el nombre de - carbón de mar, porque llegaba a Londres por barco. En 1273, - tantos Londinenses quemaban hulla y el humo se hizo tan desagradable, que el rey trató de prohibir su uso.

En 1306 un ciudadano que desafio la proclama real (SEA - COALS ACT-ACTA DE HULLA). contra el uso de la hulla fue torturado y ahorcado. Al año siguiente se nombro una comisión real

de investigación para "averiguar quien quemaba carbón de mar - en la ciudad o en sus alrededores, para que recibiera el castigo de grandes multas si era la primera vez y destrucción total de sus hornos si era la segunda".

A pesar de todo, los gobernantes Ingleses nunca tuvieron mucho éxito para librarse del carbón de mar. En 1578, la reina Isabel I todavía se quejaba de las molestias que le provocaban "el sabor y el olor del humo de carbón de mar".

La contaminación del aire no se limitaba a Inglaterra en aquellos tiempos. Juan Cabrillo primer explorador Español que llegó a la zona de Los Angeles, en 1542, la bautizó con el -- nombre de Bahía de los Humos, porque las de todas las fogatas de los indios de los alrededores formaban una bruma sobre el campo. El humo de las hogueras quedaba atrapada por el mismo fenómeno extraño que hoy produce el famoso neblumo (smog) de Los Angeles y que es la Inversión termica. Mucho más al sur -- esta el grupo de islas de la Tierra del Fuego nombre que recibieron de Magallanes, impresionado por el humo que despedían los cientos de hogueras que sus habitantes utilizaban para -- calentarse.

Al empezar la Revolución Industrial en Inglaterra, a -- principios del siglo XIX la contaminación llegó a convertirse en un problema serio. Miles de fabricas que quemaban carbón -- de baja calidad empezaron a lanzar humo a la campiña. Pero, -- por entonces, los Ingleses no se preocuparon por el problema. En realidad acogieron bien el humo que salía de las chimeneas.

Era señal de prosperidad, algunos decían "Donde hay humo, - hay dinero".

En 1952, cuando murieron en Londres aproximadamente - 4,000 personas a causa de un periodo excepcionalmente malo- de niebla y contaminación del aire, los que se interesaban- en la limpieza de la atmosfera lograron por fin, apoyo. Des- pués de esta tragedia, los Ingleses en 1956 aprobaron una - ley energica para la limpieza del aire, y ahora se ocupan - intensamente de limpiar la atmosfera a nivel Nacional.

En los Estados Unidos el problema de la contaminación- del aire tardo más que en Europa en desarrollarse. Los Esta- dos Unidos no estaban muy poblados y eran principalmente -- agrícolas cuando ya habia empezado la industrialización en- Europa.

A fines del siglo XIX, en el año 1881, se aprobó en -- Chicago la primera ley Norteamericana contra el humo.

Desde entonces y hasta la decada posterior a 1950, la- preocupación acerca de la contaminación del aire era en los Estados Unidos un asunto local dirigido principalmente con- tra el humo de carbón.

Pero en los Estados Unidos sólo muy recientemente empe- zaron a darse cuenta de que la contaminación del aire es un problema tan grave como en realidad es.

Se percataron de ello por algunos sucesos verdaderamen- te alarmantes. Por ejemplo, el neblumo mortal que en 1948 - permanecio sobre la pequeña ciudad de Donora, Pennsylvania, durante tres dias, veinte personas murieron y cerca de seis

mil se enfermaron gravemente. En un periodo de dos semanas de una fuerte contaminación de aire de Nueva York, durante el mes de enero de 1963, murieron 400 personas a causa de la opresión que el aire viciado produjo en sus pulmones y corazonas.

Fue necesaria la experiencia de Los Angeles para demostrar que [la contaminación del aire no siempre consiste en humo y hollín y que se puede encontrar en cielos soleados y templados.] Desde hacia mucho tiempo, los ciudadanos estaban acostumbrados a la neblina matinal pero ya en 1940 esta se presentaba por encima de la ciudad y que hacía toser, estornudar y lagrimear.

Fueron necesarios veinte años de trabajo arduo, la presión de parte de los ciudadanos y un poderoso organismo local de [control de la contaminación, para descubrir que [la causa principal del problema de la ciudad eran los tubos de escape de los miles de automoviles que circulan en números cada vez mayores con la creciente red de autopistas.]

A veces, el aire del valle de los Angeles sufre una Inversión. Una cubierta de aire más caliente impide que los gases escapen y forman el neblumo.

Finalmente estos casos hicieron que los ciudadanos se dieran cuenta de que la contaminación del aire se estaba convirtiendo en un problema Nacional y que hacer algo acerca de - - ello era necesario.

Desde 1955, el congreso empezó a trabajar aprobando una serie de disposiciones entre las que figuraba la ley para limpieza del aire de 1963, y más recientemente, la de 1967 sobre calidad del aire, que puso los cimientos de un programa vigoroso, a nivel nacional, con el fin de mantener el aire limpio.

El Japón es un país en el que han surgido muchos desequilibrios o contaminaciones ambientales.

El primer caso es el de la enfermedad de Minamata. La sustancia causante de esta enfermedad, es el clorometil mercurio y la fábrica que expulsaba esta sustancia era la planta de Minamata de la Chisso Corp. (Nitrogeno, S.A.) La mayor productora en el Japón de acetaldehído.

Minamata, es una pequeña ciudad localizada al extremo sur del Japón, que se formó cuando llegaron los obreros al instalarse la planta de la Chisso Corp. Esta tuvo su principio en 1932 al lograrse la producción de acetaldehído a partir del acetileno utilizando mercurio como catalizador.

La enfermedad no apareció inmediatamente al empezar la producción de acetaldehído. La fábrica estuvo eliminando sus aguas de desecho en el mar por mucho tiempo; como el clorometil mercurio no es soluble en agua se fue adhiriendo a las algas o al plancton del agua y así llegó a penetrar al cuerpo de los peces y al repetirse este proceso se elevó la concentración de dicha sustancia. Debido a que los seres vivien

tes ingieren aproximadamente diez veces el peso de su cuerpo es posible calcular que el grado de concentración de la sustancia es diez veces mayor cada vez que pasa de un organismo a otro.

Así el mercurio de Minamata, presente en las aguas marinas en cantidades no detectables, se encuentra en los peces - relativamente grandes, como el mujol o los pulpos, en cantidades que oscilaban de varias p.p.m. a algunas decenas de -- p.p.m. Cuando el hombre ingiere estos peces el mercurio alcanza de decenas p.p.m. a centenas de p.p.m.

La responsabilidad sobre la aparición de la enfermedad de Minamata recae totalmente sobre la Chisso Corp. que estuvo eliminando esta sustancia no soluble en agua marina y -- que se acumuló en los peces, desde 1932 hasta la fecha del paro de la producción en 1968.

Sobre la enfermedad el Dr. Hosokawa, diagnosticó que -- era el cuadro de una intoxicación debido a metales pesados. En mayo de 1956 empezó unos experimentos alimentando gatos - con comida rociada con las aguas de desecho de la fábrica. - En julio de 1956 el gato alimentado con comida rociada con las aguas de desecho de la planta de ácido acético, que es - uno de los pasos en el proceso de la producción del acetaldehído, enfermo, comprobando su diagnóstico.

Por otra parte la Facultad de Medicina de la Universidad de Kumamoto que investigó esta enfermedad estuvo en busca de la sustancia causante de la enfermedad por mucho tiempo.

po.

Sus maximas incógnitas eran que siendo el mercurio un metal de alto valor no era facil que se desechase, el usado en la fabrica era mercurio metalico inorgánico, ¿como era que se convertía en una substancia orgánica? la segunda pregunta necesitó mucho tiempo para su demostración.

Fue en 1960, que en una forma totalmente accidental, se detectó mercurio orgánico en las aguas de desecho. Posteriormente se demostro que al producir acetaldehido por el proceso usado por la planta de Minamata, un porcentaje del mercurio se volvía, invariablemente mercurio orgánico.

Aparecio una intoxicación semejante a la de Minamata en la planta Kase de la Showa Electric Co., que esta en las orillas del río Agono en la prefectura de Niigata, cerca de su desembocadura. Afortunadamente el Profesor Tsubaki que tenia antecedentes de Minamata y que se encontraba en Niigata, impidió que este caso llegara a ser una tragedia como la de Minamata.

El segundo problema es la enfermedad del "Duele, duele" o "Ay Ay ay" (itai-itai), causado por el cadmio.

Se le quedo este nombre tan raro debido a que en Toyama donde se origino esta enfermedad, el doctor Hagiano preguntó que, decia el paciente; le contestaron que decia "ay, ay, ay, duele, duele" y desde entonces cada vez que aparecian estos casos se les denominaba con este nombre.

Los pacientes eran en su mayoria mujeres de 40 años, que

habían tenido varios hijos y que debido a los embarazos habían perdido el calcio de sus huesos.

Se supo que la substancia patógena proveni de la Mina de Kamioka.

El cadmio se presenta en los minerales mezclados con el zinc y el plomo.

El factor patógeno provino de los desechos del mineral, que se eliminan, ionizandolos con acido sulfurico.

La tercera enfermedad debido a la contaminación del ambiente es el asma de YOKKAICHI. Este es un fenómeno que se agravó despues de la instalación de una refineria de petroleo en 1965.

[Se piensa que el asma se debe a los gases, polvos de acido sulfuroso y niebla sulfurica que la refineria arroja al aire.]

El gobierno Japonés se excedió en un sentido, pues hizo producir la tremenda cantidad de 300,000 toneladas de Etileno en esta pequeña Ciudad de Yokkaichi.

Hizo purificar el petroleo para obtener gasolina y aceites pesados y produjo etileno como producto intermediario y materia prima químico-industrial.

El lema de la Ciudad en su inicio era "Yokkaicho la Ciudad del sol y del verde", pero la equivocación de producir tanto en una pequeña ciudad de 200,000 habitantes fue la causante de asma y bronquitis crónico como consecuencia logica.

[La cuarta enfermedad por contaminación ambiental, son --

los daños producidos por el "smog" fotoquímico que se ha --
presentado a partir de 1970 en Tokio.

Al exponer los óxidos de nitrógeno producidos por la --
industria y los coches a los rayos ultravioletas se despreñ
de un átomo de oxígeno y se combina con las moléculas diató
micas de oxígeno produciendo Ozono. Este ozono tiene gran --
des probabilidades de combinarse con los hidrocarburos que--
eliminan los automóviles. Si consideramos la evaporación --
del agua marina como el fenómeno químico más importante, se
guramente el fenómeno fotoquímico es el que sigue en impor--
tancia; pero no podemos cruzarnos de brazos sabiendo que es
te fenómeno fotoquímico mina la salud de la población.

La aparición del "smog" fotoquímico era un tema discu--
tido entre los especialistas desde antes de 1970 pero lo --
que pasó el 18 de julio de 1970 fue algo dramático.

Ese día, algunas alumnas de la escuela preparatoria --
Rissho de Suginamu en Tokio estaban en los patios de la es--
cuela para su entrenamiento en frontón cuando la mitad de --
ellas presentó insuficiencia respiratoria (disnea). Las --
alumnas con insuficiencia leve se aliviaron después de per--
manecer acostadas por una hora, en los patios de la escue --
la, pero otras tuvieron que ser internadas en un Hospital --
cercano y no pudieron levantarse en varios días.

Un acontecimiento parecido ocurrió el 26 de Mayo de --
1972, en los patios de la Secundaria Sur de Shakuji en Ne--
rима, Tokio, cuando estaban haciendo pruebas de resistencia
corriendo los estudiantes varones 1,500 m. y las mujeres --

1,000 m.; parece ser que en los casos de la preparatoria -
Rissho, no pasó de ser una obstrucción momentánea de las --
funciones respiratorias pero, en los casos de la Secundaria
de Shakujii hubo reportes médicos de hipertrofia y endureci-
miento de hígado.

Según los reportes médicos hubo víctimas con síntomas-
de ictericia aun cuando no se explica el porqué.

En la actualidad no se sabe a ciencia cierta si es un-
impedimento de solubilización en la sangre o se debe a una-
congestión biliar. Sea cual fuere la causa, ya sea un daño-
provocado por el "Smog" fotoquímico, o un daño indirecto --
producido al unirse éste con alguna molécula de cloro que -
vino de quién sabe donde, el problema del "Smog" fotoquími-
co es un problema ineludible al considerar el futuro de To-
kio.

Hace algún tiempo la ciudad de Tokio se esforzo grande-
mente para eliminar el azufre del petróleo; como resultado-
de ello, en la actualidad se exige que el petróleo que se -
utiliza como combustible tanto en la industria como en los-
hogares, no debe contener más del 0.8% de azufre. Los em --
pleados metropolitanos de Tokio van a los vendedores al ma-
yoreo de petróleo crudo e inspeccionan constantemente su --
contenido de azufre. Sin embargo, no se sabe con exactitud,
que pasa con los hidrocarburos de los tubos de escape de --
los automóviles, ni que efectos esté produciendo.

Lo que los investigadores metropolitanos conocen ac --

tualmente es que el "Smog" fotoquímico se encuentra formando una capa localizada a una altura de 200 metros aproximadamente y que esa capa sube o baja dependiendo de la temperatura.

[La contaminación ambiental o el desequilibrio del ambiente, es un fenómeno que ocurre en el proceso de la producción industrial y esta última implica el uso de los recursos del subsuelo.]

[El uso de ésta comprende su obtención, su modificación por calentamiento o por adición de sustancias como el ácido sulfúrico y el envío de los productos resultantes. Todos estos pasos son fuentes de contaminación. Además, todos los productos que han pasado a las manos de los compradores se convertirán tarde o temprano en basura. El problema no pasa de ser cuestión de tiempo, por ejemplo los alimentos no necesitan más de unos cuantos días, pero los automóviles se llevarán varios años o varios decenas de años para convertirse en basura. En este sentido el crecimiento de la producción industrial significa que nos estamos esforzando por generar contaminación ambiental y que estamos trabajando denodadamente por producir basura.]

Si suponemos que ha pasado 100,000 años desde la aparición del hombre sobre la tierra hasta nuestros días, se puede decir que durante 99,980 años no existió una contaminación ambiental en gran escala que pudiera dañar a mucha gente, pero en los últimos 20 años el Japón ha logrado con

taminar grandemente su ambiente acompañandolo con una cantidad de basura enorme.

El crecimiento de la economía del Japón es algo que ha asombrado al mundo entero. Si tomamos como ejemplo la industria del acero que suministra la materia básica para todas las demás industrias, vemos que a partir de 1945 ha duplicado su producción cada 5 años.

Actualmente la producción es de 100,000,000 toneladas.

Para que aquel Japón que sólo producía 4,000.000 de toneladas de acero al declarar la guerra a los Estados Unidos en 1941, pudiera llegar a producir 100,000.000 toneladas al cabo de treinta y tantos años, se necesita una técnica secreta. Esta técnica es una cosa simplísima. Se trata de no instalar el colector de las partículas que se producen al vertir el oxígeno sobre la materia prima fundida del acero.

El uso del oxígeno en el proceso para la producción de acero no es un descubrimiento japonés pues es un método conocido desde hace mucho tiempo, sin embargo las manufactureras de acero americanas y europeas, no podían utilizar este método porque al producir el acero por este método saltan tremendas cantidades de partículas y la instalación de los colectores de partículas les costaría muchísimo dinero.

Pero en el Japón se empleó el método, simplemente sin colectores. Se produjeron tremendas nubes de partículas pero sólo hasta después de haber obtenido las ganancias se instalaron los colectores.

Con esto Japón mejoro sus condiciones economicas, pero lesiono grandemente su medio ambiente.

→ En general todos queremos proteger la naturaleza al -- mismo tiempo que queremos desarrollar nuestra industria y -- esto es algo muy dificil de lograr, aunque las tecnicas para evitar la contaminación habran de desarrollarse forzosamente; sin embargo, la tecnología no es omnipotente y desde -- luego tiene limitaciones de las que hay que estar consientes, por lo que se debe tratar de prevenir y no simplemente controlar la contaminación.

→ CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES.

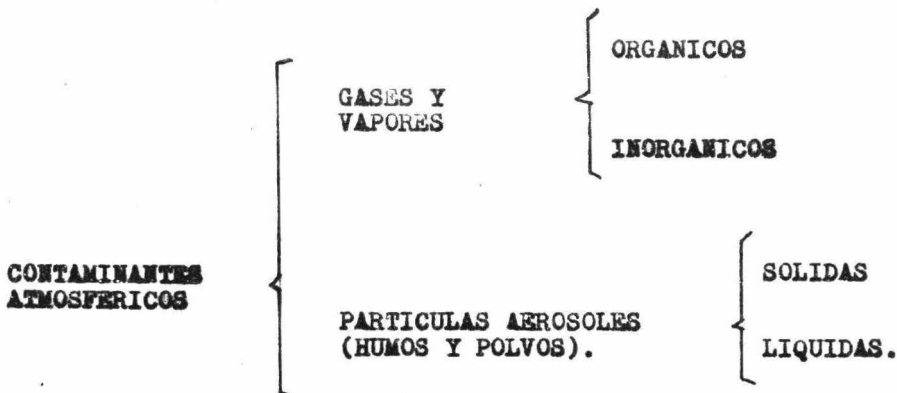
Los contaminantes del aire se pueden incluir en dos grandes clasificaciones: Los gases y vapores, y particulas o aerosoles - (humos o polvos).

Las particulas arrastradas por la corriente de aire son diminutas y pueden ser sólidas o líquidas. Los gases son materiales, que, a las temperaturas y presiones atmosféricas usuales - se encuentran en estado gaseoso. El aire mismo es una mezcla gaseosa.

Las particulas contaminantes se pueden ver, pero la mayoría de los gases son invisibles a simple vista.

De acuerdo a su origen los contaminantes se pueden clasificar en primarios y secundarios.

Los primarios son los que se emiten como resultado de un proceso y los secundarios los que se forman en la atmósfera - - como resultado de una reacción (Smog Fotoquímico). De acuerdo a su estado químico se dividen; los gases en orgánicos e inorgánicos y las partículas en sólidos y líquidos.



CONTAMINACION POR HUMOS Y POLVOS.

"Los humos y polvos estan constituidos por partículas solidas o líquidas que son a menudo insolubles lo cual hace difícilmente eliminables estas partículas exhibiendo así con frecuencia las dos características graves de los contaminantes: acumulación y agresividad".

"La contaminación por humos y polvos es debida la mayoría de las ocasiones a deficiencias en la capacidad o en la operación de procesos o equipos. Proviene de combustiones incompletas originadas generalmente por una o varias de las siguientes razones.

CAMARA DE COMBUSTION DEMASIADO PEQUENA.

-Falta tiempo de reacción-

TEMPERATURA DEMASIADO BAJA

-Velocidad de reacción lenta-

(los catalizadores aumentan la red de reacción).

ATOMIZACION O DISPERSION DEFICIENTES.

-Contacto defectuoso con el aire debido a alta viscosidad

del combustible o a quemadores o emparrillados inadecuados-

(La viscosidad se abate elevando la temperatura).

ENFRIAMIENTO PREMATURO DE LOS GASES.

-Falta tiempo de reacción-

(Los gases se ponen en contacto con superficies frias antes de que la reacción haya concluido).

CANTIDAD DE AIRE INSUFICIENTE.

-Escasez o mala distribución del aire.

Los humos y polvos estan constituidos por partículas solidas o líquidas que presentan siempre una superficie exterior y que al chocar tales partículas pueden aglomerarse o aglutinarse formando otra de mayor tamaño susceptibles de ser separadas con mas facilidad.

CONTAMINACION POR GASES.

La contaminación del medio ambiente producida por sustancias en estado gaseoso o de vapor tiene gran importancia debido a que en este estado su difusión en la atmósfera es muy fácil de llevarse a cabo. Los contaminantes en estado gaseoso -- presentes en la atmósfera no solo afectan su calidad, sino que, a causa de su migración y de las precipitaciones fluviales pueden afectar también los suelos y el agua.

Los productos en estado gaseoso que se emiten a la atmósfera como resultado de la actividad industrial y del uso de -- vehículos automotores de combustión interna para el transporte constituyen, en la mayoría de los casos, los contaminantes mas importantes.

En la actualidad se tienen registrados mas de cien compuestos que en su estado gaseoso son contaminantes de la atmósfera en la Tabla I se presentan los grupos de contaminantes atmosfericos mas objetivos.

Se observara que, excepto las partículas todos los demas se presentan en estado gaseoso o de vapor.

Frecuentemente algunos de estos contaminantes reaccionan

entre si, ya sea espontaneamente o por acción de la energía solar.

TABLA I

GRUPO DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS	EJEMPLO
Sólidos finos menores de 100	Cenizas, negro de humo
Partículas sólidas mayores de 100	
Compuestos de Azufre	SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S, RSH.
Compuestos Orgánicos	Aldehídos, hidrocarburos, metil estireno.
Compuestos del Nitrógeno	NO, NO ₂ , NH ₃ .
Compuestos del Oxígeno	O ₃ , CO.
Halógenos y sus compuestos	Cloro, HF, HCl.
Compuestos Radioactivos	Gases, aerosoles.

Para formar otros compuestos diferentes que pueden ser mas agresivos. Por ejemplo algunos pueden reaccionar con la humedad del aire para formar ácidos menos tolerables que sus anhídridos y que pueden afectar otro medio como lo demuestra las disminuciones de pH hasta de 0.5 en los lagos y rios de Suecia.

En particular se le conoce como "Smog Fotoquímico" a los contaminantes resultantes de estas reacciones.

QUIMICA DE LA ATMOSFERA CONTAMINADA.

La solución de los problemas de contaminación atmosférica requieren tanto del conocimiento de la atmósfera en sí, como de la atmósfera contaminada. En efecto, es prácticamente imposible tratar de resolver un problema de contaminación de un --

lugar determinado sin el conocimiento de la meteorología y mejor aún de la micrometeorología del lugar. Por otra parte, debe conocerse lo que sucede con los contaminantes desde el punto de vista químico, para poder prever su efecto. La importancia de los cambios se puede deducir fácilmente si se piensa que en el Valle de México, por ejemplo, se tiene una emisión diaria de cinco mil toneladas producidas por los vehículos automotores.

A continuación se mencionan los conceptos más importantes de la química de algunos contaminantes.

BIOXIDO DE AZUFRE.

Existe prácticamente en la atmósfera de todas las ciudades. Produce la acificación del agua de lluvia y neblinas.

Produce la corrosión de construcciones y objetos metálicos.

SULFURO DE HIDROGENO.

Es un compuesto que tiene gran importancia en la contaminación de algunas localidades, debido a que se quema fácilmente, su presencia no es muy generalizada. Es muy tóxico y peligroso, puede provenir de refinerías de petróleo, tenerías, plantas productoras de anilinas y de la industria hulera. Aun en muy pequeñas concentraciones imparte olor desagradable y ataca algunos metales, principalmente el plomo y sus compuestos.

OXIDOS DE NITROGENO.

Se presentan durante la combustión de materia orgánica y son introducidos a la atmósfera a través de los escapes de los vehículos automotores, de las chimeneas de calderas e incineradores. Se forman a expensas del nitrógeno que contiene

la materia orgánica y del nitrógeno del aire. Se incluyen entre estos óxidos el nítrico (NO), el bióxido (NO₂), el pentóxido de nitrógeno (N₂O₅) y su hidrato, así como el ácido nítrico. El -- bióxido de nitrógeno está en equilibrio con su dímero (N₂O₄).

La fuente principal de los hidrocarburos es el escape de - los vehículos automotores, por mala combustión. Existe aún ciegrta discrepancia entre los autores, en relación con los efectos de los distintos tipos de hidrocarburos que la atmósfera recibe como contaminantes. Algunos de ellos son muy reactivos y, - como pueden producir una gran variedad de otros productos, ul- timamente se le ha dado mucha importancia a su estudio.

ALDEHIDOS Y CETONAS.

La atmósfera se contamina con estos productos como consecuen- cia de los escapes de las vehículos automotores y, en general, de humos provenientes de la combustión de sustancias orgáni- cas. Sin embargo, también pueden formarse por oxidación de hi- drocarburos presentes en la atmósfera.

MONOXIDO DE CARBONO.

Se produce por la combustión incompleta de materia orgánica. - Los vehículos automotores son los mayores contribuyentes de es- ta contaminación. Tiene una gran importancia debido a que es - susceptible de fijarse en la sangre formando carboxihemoglobina, que no es fácilmente expulsada, produciendo malestares que van desde el simple dolor de cabeza hasta intoxicación grave. ←

"CINETICA DE LAS REACCIONES EN LA ATMOSFERA CONTAMINADA".

Las sustancias que pueden reaccionar químicamente en la atmósfera se dividen en dos grupos: los constituyentes mayores de la atmósfera, presentes en grandes concentraciones y los --

contaminantes generalmente presentes a muy bajas concentraciones. El factor de diferencia de concentración entre los dos grupos es del orden de 10^4 a 10^6 . Esta diferencia tan grande es conveniente tomarla en cuenta para clasificar las reacciones y comprender mejor la cinética química, sobre todo de las reacciones fotoquímicas.

El bióxido de nitrógeno irradiado por una radiación del -- cercano ultravioleta, produce oxígeno molecular y óxido nítrico:



En una atmósfera que contiene solamente una fracción de parte por millón de bióxido de nitrógeno y 21% de oxígeno, puede -- llevarse a cabo más fácilmente la siguiente reacción:



(M = cualquier radical)

Si las ecuaciones se estudian desde el punto de vista de -- cinética química, llega a conceptos poco usuales en la química tradicional.

La radiación fotoquímicamente activa varía en longitudes de onda de 2900 a 7000 \AA^0 . Las sustancias que absorben radiación en esta región pueden servir como los reactantes fotoquímicos -- primarios cuya función es transformar la energía absorbida a -- otras moléculas potencialmente reactantes. Si una sustancia -- está presente en grandes concentraciones puede absorber cierta cantidad de energía y puede también convertirse en un promotor

de gran importancia para las reacciones en una atmósfera contaminada.

Se tiene en la actualidad un conocimiento bastante preciso de las energías libres y del calor de formación de muchas sustancias que pueden estar presentes en una atmósfera contaminada. Junto con lo anterior, el conocimiento de las características de la energía presente a diferentes estratos de la atmósfera ha permitido conocer un sinnúmero de reacciones en las que intervienen fundamentalmente el oxígeno y nitrógeno del aire. Así por ejemplo, se conoce el mecanismo de oxidación de SO_2 a SO_3 por radiación solar entre 2900 y 4000 Å° :



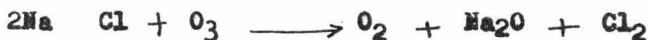
El cloro absorbe una gran cantidad de energía a 3 400 Å° que lo convierte en un poderoso fotoactivador.



Quando una substancia oxidable es expuesta a la radiación, en presencia de cloro y oxígeno, casi siempre se tiene una oxidación más activa. El cloro puede formarse por reacción de bióxido de nitrógeno y cloruro de sodio.



o bien por la reacción de ozono con cloruro de sodio.



El ozono reacciona fácilmente con las olefinas a las concentraciones en que éstas se encuentran en una atmósfera contaminada, siguiendo probablemente las leyes del segundo orden:

$$\frac{-d [O_3]}{dt} = k [O_3] [olefina]$$

En un primer paso se forma un complejo inestable que se -- disocia y cuyas fracciones interaccionan después con la olefina, de tal manera que los productos finales son formaldehído, aldehídos más pesados y polímeros, de constitución química no conocida.

Los aldehídos y cetonas absorben radiación en la región -- entre 3 000 y 4 000 Å°. La reacción primaria es el rompimiento de la molécula en dos radicales:



y posteriormente



y el radical acetilo se descompone



Se forman nitratos de peracetilo (PAN), de perpropionilo (PPN) y de Perbutirilo (PBN).

Como estos ejemplos se tienen un sinnúmero de posibilidades de reacción entre los contaminantes de la atmósfera, entre ellos y con sus constituyentes naturales. El tema reviste particular interés para su estudio, por desconocerse hasta ahora el mecanismo de algunas reacciones y los productos finales -- que resultan, independientemente de que para México y en especial para la altiplanicie, es probable que se encuentren - -

fenómenos no comunes en zonas de menor altitud que es donde se han hecho la mayor parte de los estudios sobre este tema.

→ **METEOREOLOGIA DE LA CONTAMINACION.**

Meteorología es una ciencia física que estudia la atmósfera y por consiguiente todos los fenómenos que ocurren dentro de ella.

La atmósfera es capaz de deshacerse de todos los contaminantes gaseosos y partículas que se le inyectan como consecuencia de actividades naturales y humanas. Esta facultad que tiene la atmósfera para limpiarse dependen de varios parametros que varían tanto en espacio como en tiempo.

La ciencia de la meteorología de la contaminación del aire, trata sobre varios parametros atmosféricos y procesos que determinan el poder limpiador de la atmósfera.

El primer parametro es el viento. Este parametro determina la conducción de contaminantes en la dirección descendente del viento, y su dilución distribuyendola en un gran volumen.

El segundo parametro es la estratificación térmica de la atmósfera o gradiente vertical de temperatura. La presencia de una región en la cual la temperatura aumenta con la altura da lugar a las denominadas Inversiones termicas, que atrapa a los contaminantes.

El tercer parametro es la difusión turbulenta, que es un mecanismo para la dispersión de contaminantes en direcciones laterales respecto a la del viento dominante. ←

Su magnitud es principalmente determinada por fluctuaciones en el viento y temperaturas tanto en espacio como en

tiempo. La radiación también es importante en la determinación del poder de limpia de la atmósfera. La presencia de contaminantes por lo general origina una disminución en la radiación solar total que llega a la superficie. Una buena porción de la energía que no puede llegar a la superficie es absorbida por los contaminantes en la atmósfera. A su vez, esto conduce a cambios en el gradiente de la temperatura respecto a la altura, esto es, en el gradiente vertical de temperatura. La presencia de contaminantes también interfiere en la transferencia de radiaciones de onda larga (3 μ - 100 μ) emitidas por el suelo.

Otro papel importante que juega la radiación es el desencadenamiento de reacciones fotoquímicas.

Estas son las reacciones químicas que ocurren en presencia de la luz, en su mayoría ultravioleta, las que causan la conversión de los contaminantes a sustancias nocivas como el PAN y el ozono, o sustancias inocuas como el bixido de carbono y el vapor de agua.

Todos estamos percatados del hecho de que un buen aguacero quita una gran cantidad de contaminantes gaseosos y partículas tóxicas presentes en la atmósfera. Los procesos físicos que concurren en este aspecto particular son la unión, coagulación, absorción, adsorción, difusión y asentamiento.

En general, el modelo de la circulación local lo determinan las características del clima en la escala sinoptica.

Sin embargo, en condiciones de buen tiempo, la circulación local puede jugar un papel muy importante en la deter-

minación de mapas de concentraciones de contaminantes de la gran zona. Así, un buen pronóstico de contaminación, los procesos óptimos de abatimiento y la cuidadosa planeación regional, requieren una investigación meticulosa de los modelos -- de circulación local. En particular tenemos que escudriñar -- los llamados vientos de los valles, brisas de lagos y mares y brisa terrestre, así como los efectos de la isla de calor.

En forma esquemática hemos presentado el efecto de estos parámetros en contaminantes inyectados a la atmósfera desde -- una alta chimenea. En los casos en que sea posible, la costumbre es eliminar los contaminantes por las chimeneas altas. De lo contrario tenemos lo que denominamos un "efecto aerodinámico local", debido a la presencia de edificios, la corriente de aire en el lado que da hacia abajo se afecta considerablemente, y tenemos la formación de una pluma. Si no hay chimenea o si no es lo suficientemente alta, tendríamos una gran concentración de contaminantes cerca del punto de origen. El nivel al cual se eleva una pluma se determina por la velocidad de salida y la diferencia en temperatura entre la pluma y el ambiente que le rodea. Los contaminantes viajan a lo -- largo de la dirección media de los vientos dominantes, y al moverse se extienden lateral y verticalmente. De ahí en adelante también empiezan a desempeñar sus papeles la deposición, reacciones químicas y demás procesos. Debe agregarse -- que todos estos procesos ocurren simultáneamente. Sin embargo, debido a la limitación de nuestro conocimiento y recursos, los tratamos por separado.

La dilución de contaminantes causada por el transporte -
de vientos.

Para una masa total (grs.) emitida de una fuente (Q) - -
en un tiempo (T), en terminos de grado de emisión $q(t)$ en -
grs/seg. Usando el concepto de continuidad de masa, esta in-
tegral puede relacionarse con la integración de concentración
en el espacio ($C(x,y,z)$ gm/cc)

$$\int_0^{\infty} q(t) dt = \int_{x=0}^{\infty} \int_{y=-\infty}^{\infty} \int_{z=0}^{\infty} C(x,y,z) dz dy dx$$

Al registrar los limites del miembro derecho de esta - -
ecuación, se supone que los contaminantes son transportados -
por los vientos dominantes en la dirección X, esto es, el lí-
mite de la Integración de cero a infinito para la variable X.

Debido a la difusión los limites de Integración son de
- Infinito a infinito para la variable y. Si el intervalo
de tiempo es finito, y es igual a T en lugar de el limite
superior de integración para X puede fijarse en $\bar{U}T$, donde \bar{U}
es la velocidad media del viento a lo largo de la dirección
X. Esta se debe, en este caso a que $C(x,y,z) = 0$ para $X > \bar{U}T$.

Si se cambia la variable de x a t, la ecuación anterior
puede expresarse como:

$$\int_0^{\infty} q(t) dt = \int_{t=0}^{\infty} \int_{y=-\infty}^{\infty} \int_{z=0}^{\infty} \bar{u} C(x,y,z) dz dy dx$$

Si suponemos que la dispersión a lo largo de las direcciones y y z son independientes de U , el volumen ocupado por los contaminantes emitidos para un intervalo de tiempo dado dependería de la velocidad media del viento \bar{U} . Así, una velocidad de viento menor resulta una concentración mayor comparada con otro caso para el que la velocidad del viento es mayor.

Estratificación térmica de la atmósfera.

Muestreando la atmósfera en las primeras horas de la mañana, se puede mostrar con una curva sólida la variación de temperatura observada con la altitud, y con líneas discontinuas las adiabáticas secas correspondientes a diferentes temperaturas superficiales. Cuando el grado observado de reducción de temperatura corresponde al gradiente de la adiabática seca (aproximadamente 10°C por Km.), se dice que la atmósfera está en equilibrio neutral. En esta forma se determina cualquier inversión y su altitud.

"Profundidad de Mezcla":- Puede pensarse de esta profundidad como el espesor de una capa en la que los contaminantes pueden distribuirse uniformemente para todos los fines prácticos en un lapso razonable.

Para las primeras horas de la mañana esta profundidad está determinada por la altura de la inversión nocturna, cuando el calentamiento solar se incrementa, la temperatura superficial se eleva, y después de unas cuantas horas desapareciera esta inversión nocturna.

Esto no implica que la profundidad de mezcla se eleve -

repentinamente desde cerca de la superficie hasta el nivel de 800 mts. A falta de una inversión, la capa de mezclado se determina por el nivel al que una adiabática seca que corresponde a la temperatura de superficie (pronosticada u observada) cruza la curva observada de temperatura vs. altura. Como las temperaturas a niveles mayores solo se afectan de manera - - insignificante por el calentamiento de superficie, se puede utilizar un sondeo de la mañana para pronosticar las profundidades de mezcla para otras horas del día, haciendo uso de las temperaturas superficiales.

Una definición más significativa de la capa de mezcla puede obtenerse solo después de considerar las características de la turbulencia atmosférica. Esta turbulencia consiste de remolinos verticales y horizontales capaces de mezclar el aire contaminado con el aire limpio que lo rodea, considerando un caso idealizado, donde los remolinos y las nubes de contaminantes forman una capa esférica. Donde el tamaño de los remolinos es muy pequeño, en relación con las nubes de contaminantes, la nube es transportada siguiendo la dirección del viento dominante, incrementándose en tamaño, - pero sin cambiar su estructura, produciéndose una disminución en la concentración de contaminantes. Si el tamaño de los remolinos es grande comparada con el de la nube contaminante, la nube es rápidamente transportada, siguiendo un modelo de zig-zag, pero sin alterar su estructura o tamaño.

Si el tamaño de los remolinos es semejante al de la - nube contaminante, se presenta una difusión muy rápida, --

distorcionandose la estructura de la nube en relación con el tiempo.

La magnitud de los remolinos depende del gradiente de temperatura y la velocidad del viento con la altura. Las características de turbulencia atmosférica están mejor representadas por el número Richardson, que es una razón de las fuerzas ascensionales con las fuerzas de Reynold.

$$\begin{aligned} \text{Número Richardson} &= \frac{\text{Fuerzas ascensionales}}{\text{Fuerzas Reynold}} \\ &= \frac{\frac{g}{T} \left(\frac{\partial T}{\partial z} + \Gamma \right)}{\left(\partial u / \partial z \right)^2} \end{aligned}$$

T.- Temperatura

Z.- Altura

Γ .- Gradiente de adiabática seca

g.- Constante de gravitacional

V.- Velocidad del viento

Las fuerzas ascensionales (o de convección), están determinadas por la diferencia entre el gradiente de temperatura $(\partial T / \partial z)$ con la altura y el gradiente de la adiabática seca Γ . Las fuerzas de Reynold (o mezclado mecánico) se determinan por el cuadro del gradiente $(\partial u / \partial z)^2$ de la velocidad del viento con la altura. Como Γ es una cantidad positiva y $\partial T / \partial z$ puede llevar cualquiera de los dos signos, el número Richardson puede ser positivo o nega

tivo. Para un número Richardson mayor de 0.25, la atmósfera es extremadamente estable, la temperatura aumenta en relación con la altura y no hay mezcla vertical. Una pluma de humo emitida de una chimenea vieja en dirección horizontal sin experimentar ninguna difusión de sus contaminantes. A medida que el número Richardson se aproxima a 0, la mezcla mecánica empieza a incrementarse, aumentando en forma más efectiva. El contenido de la pluma de humo sufre cierta -- dispersión al retirarse de la chimenea. La mezcla convectiva empieza a hacerse más y más efectiva a medida que el número Richardson aumenta en forma negativa, esto es conforme la atmósfera se hace más y más inestable. Para valores negativos muy grandes del número Richardson, el contenido de la pluma de humo se dispersa muy rápidamente.

El efecto de la estructura de la temperatura sobre la dispersión de contaminantes emitidos de una chimenea, se mencionan a continuación para seis diferentes condiciones atmosféricas. Con líneas sólidas y punteadas se puede representar la distribución de temperaturas asumidas y el -- gradiente adiabático seco, respectivamente. Cuando la temperatura desciende muy rápidamente con la altura, el número Richardson tiene un valor negativo muy alto. Bajo tales condiciones de gradiente, tenemos un mezclado muy rápido -- del aire contaminado con su ambiente. La pluma de humo -- ("plume") emitida de la chimenea se mueve en forma ondulan te, incrementándose su amplitud con la distancia de chime-

nea, esto es, tenemos un fenómeno de espiral ("looping").- A medida que el número Richardson se hace más negativo y finalmente llega a un signo positivo, el contenido de la pluma de humo se esparce menos y menos en la vertical, --- presentándose una formación cónica y eventualmente abanicada.

Abarcando la región urbana, a veces tenemos una combinación de una o más de las condiciones de los tres estados anteriormente descritos. Puede presentarse una inversión - abajo y un gradiente intenso arriba. La altura efectiva de la chimenea es tal que los contaminantes son inyectados -- arriba de la zona de inversión, esto es, no hay mezcla en la región donde la temperatura se incrementa con la altura, los contaminantes no pueden penetrar la inversión y se presenta el fenómeno de verticalidad (lofting), y el contenido de la pluma, se dispersa a altos niveles. Por otro lado, si hay una inversión con un fuerte gradiente por debajo, los contaminantes emitidos por la chimenea son atrapados en la capa muy cerca del suelo, y se presenta la fumigación.

En la Radiación tenemos que tratar con varias disciplinas como la fotoquímica y la transferencia de radiación -- con y sin esparcimiento por moléculas o partículas de materia. Me limitaré a un enfriamiento adicional y/o calentamiento producido por la presencia de contaminantes.

Para los estudios de radiación atmosférica, se acos-

tumbra tratar la radiación solar entrante como una radiación de onda corta, con una longitud de onda media de aproximadamente 0.5 micrones. Esta atmósfera es razonablemente-transparente a esta radiación de entrada. También tenemos otra fuente de radiación causada por la emisión de la tierra y atmósfera. Debido a bajas temperaturas, la longitud de onda media de esta radiación emitida es de cerca de 10 micrones, por tanto, esta segunda radiación se acostumbra mencionarla como la radiación de onda larga. En general, la atmósfera no es tan transparente a la radiación de onda larga como lo es la de onda corta.

Describiendo el efecto de los contaminantes en el balance de radiación atmosférica, la capa que contiene los contaminantes está iluminada por el flujo atmosférico, infrarrojo F desde arriba, y el flujo infrarrojo emitido de la tierra desde abajo, se representa por E_g y F_g . Ambas radiaciones sufren absorción, esparcimiento y reemisión de la capa contaminante. En consecuencia, tenemos un componente de absorción aF ó aE_gF_g , componente transmitido TF ó TE_gF_g y un componente de esparcimiento sF ó sE_gF_g , resultante de cada una de las radiaciones incidentes. Sin embargo, el efecto neto de esta transferencia infrarroja obtenida después de realizar un cálculo detallado, es producir un enfriamiento en la capa contaminante. La magnitud de este enfriamiento depende del índice de refracción, la distribución de partículas de materia, la cantidad de otros gases y

de la distribución inicial de la temperatura.

Durante horas diurnas, la capa también está iluminada por radiación solar de onda corta (S) cuya magnitud depende de la posición del sol y la composición de la atmósfera arriba de la capa. Esta radiación también es absorbida en parte (aS), en parte transmitida (TS), y en parte retransmitida a la tierra (sS) por los contaminantes. El efecto neto de esta transferencia de radiación de onda corta, es producir un calentamiento cuya magnitud depende de características ópticas y físicas de los contaminantes en la capa.

Por medio del modelo de transferencia radiante, se puede mostrar el desarrollo del perfil de temperatura que puede resultar de cambios en la temperatura radiante en condiciones contaminantes serias en una zona urbana. Los resultados se obtuvieron de una simulación numérica real.

Debe mencionarse que nuestro conocimiento actual de las características ópticas de los aerosoles es muy escaso. Además el modelo de transferencia radiante que se usó en esta, simulación particular, es muy burdo en relación con los usados actualmente. Así, se aconseja tratar los datos presentados solamente en forma cualitativa. Teniendo esto presente, encontramos que un perfil tiempo altura de la temperatura en presencia de una capa contaminante inmediatamente encima del suelo, muestra el desarrollo de una inversión débil de superficie, después de cerca de una ho-

ra de simulación. Esta inversión de superficie se profundiza con el tiempo. El enfriamiento radiactivo también resulta en la formación de una inversión elevada que abarca desde la capa de aerosol hasta un nivel encima de ella. La altura de esta inversión elevada asciende gradualmente en un período de 42 horas de simulación.

La presencia de contaminantes produce un enfriamiento-determinado. La reducción máxima en temperatura está dentro de la capa. La reducción en temperatura causada por aerosoles se extiende gradualmente hacia la capa más baja. En la primera aproximación, este enfriamiento puede considerarse lineal dependiendo de la concentración de contaminantes, tomando en cuenta que otros factores se mantienen constantemente sin variar.

Sabemos que concedido un tiempo razonable, la atmósfera es capaz de deshacerse de todos los contaminantes que se le inyecten. Sucede que este poder limpiador de la atmósfera no es capaz de resolver el problema del grado de inyección de bióxido de carbono, y probablemente tampoco del polvo, debido a actividades humanas durante los últimos 100 años. La concentración de bióxido de carbono se ha visto que aumenta en escala global a razón de cerca de 0.2% al año. De una amplia simulación numérica, encontramos que de una duplicación en el contenido de CO₂ en la atmósfera, resultaría un aumento de cerca de 2.4°C en la temperatura cerca de la superficie de la tierra. Hemos encontrado que -

la temperatura en regiones cercanas a la superficie de la tierra, ha aumentado aproximadamente 0.6°C entre 1880 y 1940. Este aumento puede atribuirse al incremento de CO_2 atmosférico en una escala global, Sin embargo también hemos encontrado que ha habido un enfriamiento de aproximadamente 0.3°C , en los últimos 30 años. Este enfriamiento ha ocurrido a pesar de un aumento en el CO_2 atmosférico. Durante algún tiempo, varios investigadores trataron de explicar este enfriamiento en términos de un posible aumento continuo en la concentración del contenido de polvo atmosférico, recientemente esta teoría de enfriamiento ha sido objetada por varios investigadores independientes.

Después de un breve estudio sobre la importancia de la temperatura, viento, turbulencia y radiación en la Meteorología de la Contaminación del Aire, ahora trataremos la importancia de la circulación local. Como todos sabemos el modelo de circulación desempeña un papel muy importante en la determinación de concentraciones de contaminantes, bajo condiciones climáticas relativamente débiles o estacionarias. Acerca de la Brisa de Valle, podemos decir que después de la puesta del sol, al enfriarse las pendientes de los valles por la radiación el aire inmediatamente adyacente a las pendientes se enfría y se hace mas denso que el aire que está sobre el centro del valle, en la misma elevación.

Bajo estas condiciones, el aire denso baja rápidamente por las pendientes hacia el eje del valle. La corriente de-

drenaje de las pendientes, en varios puntos a lo largo del valle, se combina con una corriente general hacia la boca del valle. Si son muy débiles los vientos dominantes, luego la velocidad de la brisa aumenta de cero en el piso del valle a un máximo en alguna altura intermedia, regresando a cero en la intersección.

Después del amanecer, se calienta el aire cercano a las pendientes. Por esto, se invierte la circulación, y ahora tenemos los vientos hacia arriba de la pendiente.

Si ocurren algunos vientos dominantes en algún ángulo del valle, son posibles muchas configuraciones diferentes. En una de tales configuraciones, los vientos dominantes perpendiculares a la longitud del valle producen un componente por canalización, a lo largo del valle. Este componente puede luego aumentar o retardar los vientos del valle producidos térmicamente.

Debido a esta corriente canalizada y a la formación de una inversión débil en la parte superior del valle, los contaminantes del lugar de origen viajan hacia arriba y hacia abajo del valle.

Ahora veamos brevemente lo relativo al efecto de la brisa marina y brisa lacustre. Dada la diferencia en calores específicos de las masas de agua y tierra, la temperatura de la superficie en la tierra se eleva mucho más rápidamente que la de la superficie del mar o del lago, después del amanecer. El aire más caliente sobre la tierra se eleva

permitiendo que el aire más frío del lago se mueva hacia la tierra. Este tipo particular de movimiento del aire se conoce como brisa marina o brisa lacustre, y es la causa principal de la generación de circulación cerca de una costa, especialmente cuando los vientos, debido a circulación de escala sinóptica, son muy ligeros y el cielo está claro. Después de la puesta del sol se presenta un efecto que corresponde a la brisa terrestre pero en menor escala.

Con el tiempo, el aire terrestre calentado desciende y se mezcla con el aire frío por arriba de la superficie del agua. Esto resulta en una intensa inversión arriba, especialmente si hay una ligera inversión cerca de la superficie. La masa de aire proveniente del lago se calienta a medida que continúa viajando tierra adentro y como resultado tenemos la formación de otra capa-límite internamente.

Como son muchas las plantas de fuerza y fábricas ubicadas cerca de una costa, podemos tener la formación de una pared de humo en la tierra bajo tales condiciones del tiempo. Cerca de la costa, encontramos una muy alta concentración de contaminantes cerca del suelo debido a la fumigación. Estos contaminantes luego son acarreados hacia arriba de la pared y eventualmente regresan a niveles más altos sobre el lago. Sin embargo, se encuentra que no regresan toda la trayectoria en la superficie del lago, de aquí que, sobre el agua, encontramos una concentración relativamente baja de contaminantes cerca de la superficie y

capas bien definidas con altas concentraciones de contaminantes a elevaciones mayores.

Como mencionamos anteriormente, entre otros parámetros, el número Richardson, también depende de lo áspero de la superficie. Este parámetro particular cambia la proporción de la velocidad del viento con la altura, esto es, afecta el mezclado mecánico o el denominador en la expresión para el número Richardson. Cuando la tierra es muy plana (una campiña nivelada), la velocidad del viento aumenta rápidamente con la altura. Por otra parte, con el aumento de la aspereza de la superficie (desde la campiña nivelada a los suburbios a una zona urbana con muchas construcciones), se transmite más y más energía de la atmósfera a la tierra debido a la creciente fricción. En consecuencia, los vientos sobre una ciudad llegan a la velocidad de vientos sinópticos a mayores alturas.

El último y no por ello el menos importante aspecto de la circulación que vamos a considerar, es el efecto de la isla de calor. Se ha encontrado que el grado de generación artificial de calor que ocurre en áreas construidas, es comparable con el de la radiación solar. Esta generación artificial de calor continúa más o menos durante todo el año a grados variantes debido a calentamiento o enfriamiento del espacio, actividades de transporte y operación de plantas industriales. Un caso típico del efecto de la isla de calor se observó en Londres, Inglaterra el 4 de junio de 1959, --

donde la temperatura de la superficie disminuyó de 60°F a 51 F, del centro de Londres a sus alrededores, una distancia de 15 a 20 millas. El centro de la isla de calor se desplazó hacia el noreste de la zona del centro, debido a la corriente dominante de vientos del suroeste. También encontramos una dependencia de modelos de isotermas en aspectos topográficos.

Considerando la temperatura máxima del día anterior y la del día de la inversión, se observa que la diferencia entre el centro y los suburbios es de aproximadamente 6°F. Este gradiente de temperatura horizontal resulta en un gradiente de presión horizontal y, en consecuencia tenemos la generación de vientos locales.

CAPITULO II

CONTAMINACION EN MEXICO

CONTAMINACION EN MEXICO.

La Ciudad de México tiene su propio caso de sistema de variables causantes de la contaminación, que entre otras cosas; ha reducido la visibilidad de 12 Km. en 1940 a menos de 2 km. en 1972. Estas variables son:

[Inversiones de temperatura; por la naturaleza del valle, o sea un altiplano rodeado por montañas, y el cambio drástico de temperatura entre el día y la noche (15°C), la inversión de temperatura existe, formando durante las primeras horas de la mañana una capa de frío sobre la atmosfera contaminada de la ciudad.]

[Baja velocidad del viento; debido a las montañas que rodean el aire, el promedio de velocidad del viento es menor de 2m/seg.- La cual es considerada como inadecuada para ventilación.]

[Vientos prevalecientes; en la ciudad la dirección prevaleciente del viento es de Norte a Sur, con la desventaja que las - - areas industriales masivas, estan localizadas en el area Norte de la ciudad.]

[Emisiones de polvo; el lago de texcoco drenada inadecuadamente durante la conquista, con base salitrosa, es el origen del fino polvo que es acarreado por los vientos prevalecientes. Texcoco está localizado tambien en el area Norte del Valle de México.]

[Altitud; la altitud de la meseta de la ciudad de México es de 2270 metros, esto crea una condición especial para cualquier - combustión, particularmente aquella referente a automoviles e-

TABLA I

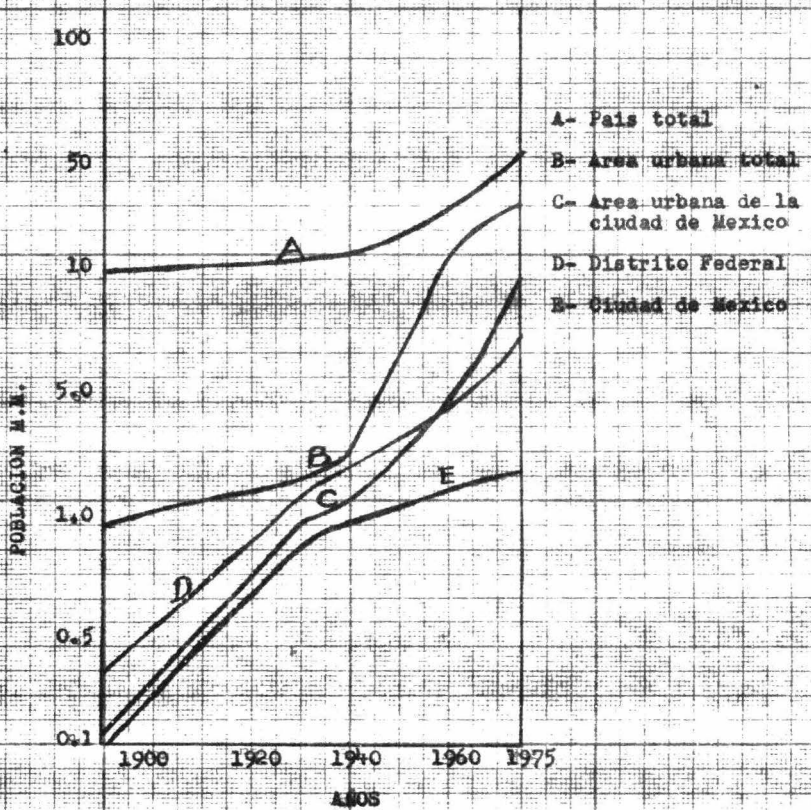
INDICE ANUAL DE CRECIMIENTO (a) DE LA POBLACION DE LA CIUDAD DE MEXICO, D.F. Y AREA URBANA DE LA CIUDAD DE MEXICO, 1900-1970.

ENTIDADES

TERRITORIALES	1900-30	1930-40	1940-50	1950-60	1960-70
CIUDAD DE MEXICO	3.7	3.5	4.4	2.4	3.3
DISTRITO FEDERAL	3.9	3.6	5.7	4.8	3.6
AREA URBANA - DE LA CIUDAD- DE MEXICO	3.8	4.1	6.3	5.5	5.7

a) CRECIMIENTO GEOMETRICO.

Fig. 1 CRECIMIENTO DEMOGRAFICO DE LA CIUDAD DE MEXICO.



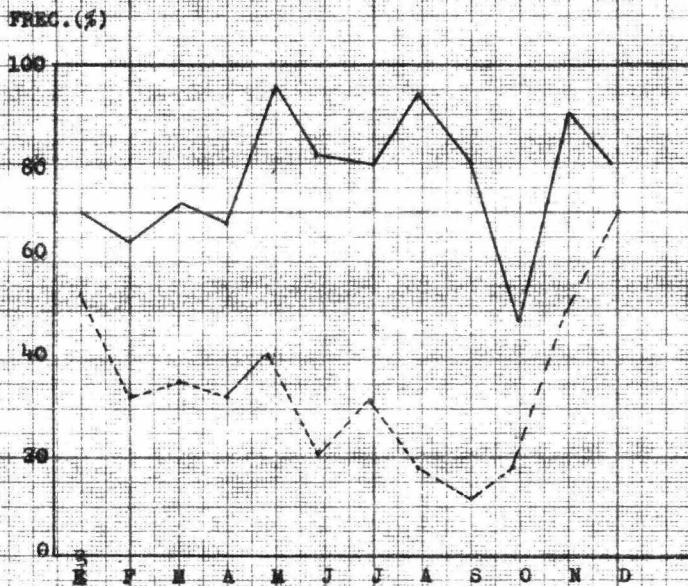
incineradores. }

Concentración Industrial; el 31% del desarrollo industrial de la nación está localizada en el valle de México y, aunque la centralización está siendo desaprobada, la total restricción a nuevas industrias no es aun efectiva. El crecimiento del desarrollo industrial excede al 7% G.N.P. promedio aproximadamente 50,000 industrias están situadas en el valle y cerca de 6,000 calderas y quemadores abiertos operan sobre bases continuas.

Concentración automotriz; un millón de vehículos de combustión interna representando aproximadamente el 40% del total nacional, circulan en el área metropolitana. El crecimiento anual de vehículos en México, es de cerca de 12%. Si consideramos -- que un automóvil descarga un promedio de 1.1 ton/año de contaminantes en el ambiente, una proyección a 5 años nos indica -- que para 1980, si no se llevan a efecto cambios, 2.2 millones de toneladas/año, serán descargadas en el ambiente. El consumo de combustible diario en el Valle es de 14,600 toneladas de gas natural, 3,670 toneladas de combustóleo, 5,599 toneladas de gasolina y 1,688 toneladas de L.P. gas.

Población; la población en el área metropolitana excede los millones de habitantes con un crecimiento anual de 5.8% (Tabla I y fig. I). En sí, la calidad del aire, en el territorio Nacional, está condicionado a factores que la modifican, en forma natural o artificial, mediante adición, transformación o eliminación de sus componentes. }

Fig. 2 FRECUENCIA DE VISIBILIDADES MENORES DE 2 Km.
A LAS 10.30 hrs. EN TACUBAYA



AÑO 1937 -----

AÑO 1966 ----

{ Uno de los efectos físicos más notables producto de la contaminación de la atmosfera es la "reducción de la visibilidad"; la visibilidad es reducida por el efecto de dispersión y absorción de radiación solar por particulas y aerosales. }

En la fig. No. 2 podemos notar el gran efecto que ha tenido en la atmosfera de la ciudad de México y en la fig. (3) vemos la distribucion de rangos de visibilidad en la ciudad de México.

{ Este "decremento de visibilidad" se explica y relaciona con el incremento de turbiedad en la atmosfera, } la fig. (4) representa el incremento de turbiedad observado en la ciudad de México.

Estos dos efectos, producto uno del otro son resultado directo del estado de contaminación atmosferica.

Fig. 3 VISIBILIDAD EN EL VALLE DE MEXICO.

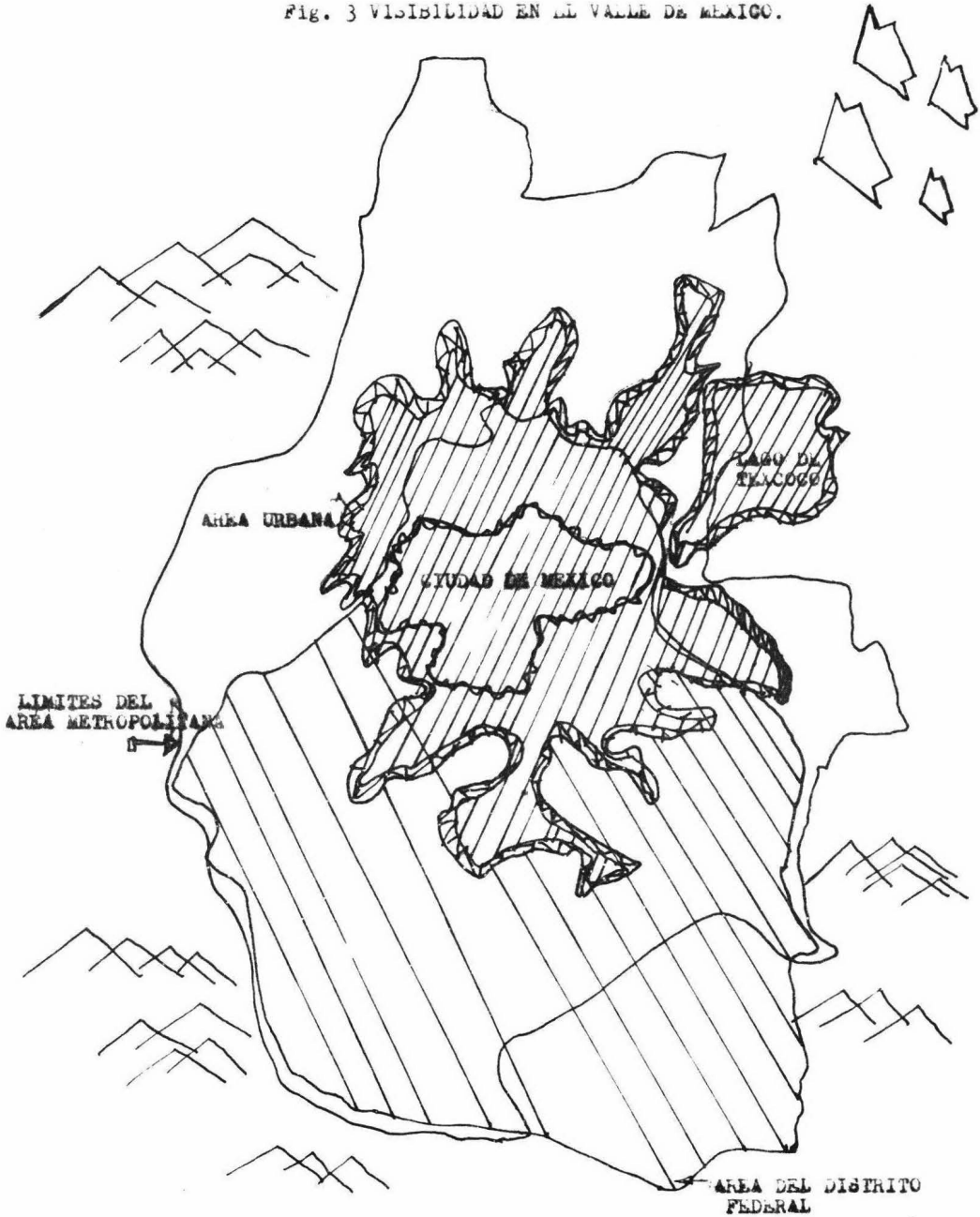
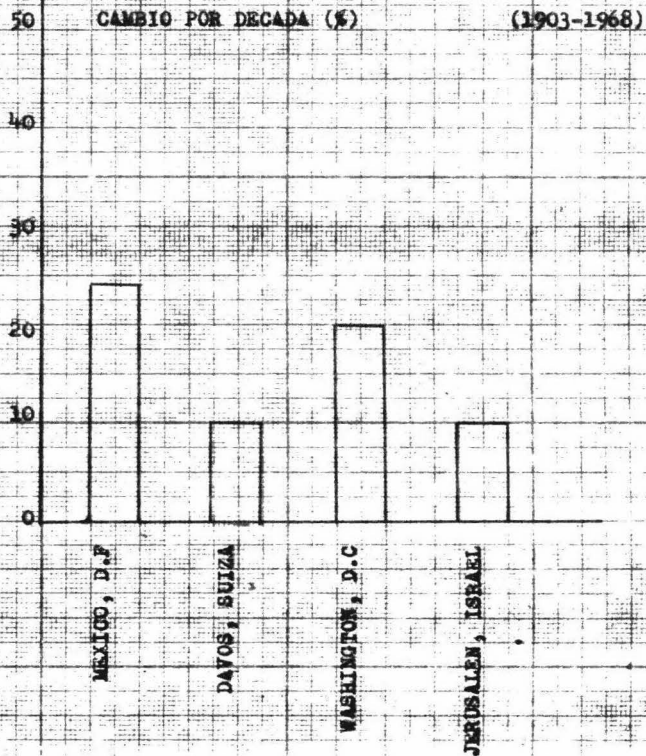


Fig. 4 CAMBIOS A LARGO PLAZO DE LA TURBIDEZ ATMOSFERICA OBSERVADOS EN VARIAS ESTACIONES.



FUENTE: I. GALINDO AND A. NUHLIA (1970) CONTRIBUTION TO THE TURBIDITY PROBLEM IN MEXICO CITY. ARCH. MET. GEOFH. + BIOL. B. 18, 169/186.

NIVELES DE CONTAMINACION.

La tabla I muestra datos recientes publicados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia; compara niveles actuales con los límites deseados propuestos en varias ciudades de -- U.S.A., se observara que desde 1969 hemos excedido los límites deseables de SO₂ y de materia en suspensión.

La Tabla 2 indica que en 1968 algunos contaminantes en -- muestra ciudad alcanzaron los niveles encontrados en Chicago y en Los Angeles, especialmente en cuanto se refiere a los -- máximos niveles registrados.

En 1972, en el país había registrados casi 2 y medio millones de vehículos automotores de los que 956,969 se localizaban en el Valle de México y de estos un 77% eran automóviles y el 88% circulaban en el Distrito Federal.

En el mismo año, en el Distrito Federal se generaron, -- diariamente, utilizando los distintos medios de transporte superficial, alrededor de 12 millones de viajes persona, de los que 1.75 millones, se hicieron en vehículos no contaminantes como el ferrocarril metropolitano, trelebuses y tranvías. El motivo de la transportación superficial de las personas fue, en un 82%, por razones de trabajo e educación y el resto para hacer compras, para recreación y para otros objetivos.

Durante 1972 se efectuaron, en promedio mensual 13,380 operaciones de llegada o salida de aeronaves en el aeropuerto internacional de la ciudad de México.

En el Valle de México, operaban en 1972, un total de --

---TABLA 1---

NIVELES DE CONTAMINACION AMBIENTAL
 REPORTE DE RESULTADOS DE LAS ESTACIONES
 DE CONTROL DE LA CIUDAD.

PROMEDIO ARITMETICO	AÑOS				
	1967	1968	1969	1970	1971
DIOXIDO DE SULFURO					
12,391 muestras de 24 horas -Meg/m ³					
Annual	61	57	77	104	123
Mes más alto	122	121	198	242	289
Máximo en 24 horas	237	345	827	737	707
Partículas en Suspensión como Humo 12,371 muestras en 24 horas - meg/m ³					
Annual	99	92	90	91	94
Mes más alto	215	219	200	253	232
Máximo en 24 horas	380	654	707	898	978
POLVO SEDIMENTABLE					
419 muestras en un mes Toneladas /KM ² / 30 días					
Annual	18.6	20.6	14.1	21.8	20.4
Mes más alto	40.2	50.9	55.2	85.1	67.1
INDICE DE SULFACION					
417 muestras en un mes mg. SO ₃ / dm ² de PbO ₂ / día					
Annual	.48	.21	.11	.18	.38
Mes más alto	1.22	.75	.32	1.05	.98

Datos proporcionados 1/7/72
 per el Dr. E. Márquez Mayaudon.

TABLA II CONCENTRACION DE CONTAMINANTES (p. p. m.)								
CONTAMINANTES	MEXICO, D. F.		CHICAGO		LOS ANGELES MAX.	NIVELES PERMITIDOS GOV. INDUSTRIA HIGIENISTICA (bhr)	LOS ANGELES	EFECTOS
	MAX.	AV.	MAX	AV.				
CO	100	15	78	17.1	72	100	120 en 1hr.	A 100 (p.p.m.) causa dolores de cabeza. El CO reduce la capaci- dad de transporte de O ₂ en la sangre.
SO ₂	1.6	0.161	1.59	0.13	2.49	5.0	1 en 8hrs.	A 6-12 ppm irrita nariz y garganta
HYDRO- CARBONOS	0.377	0.092	0.21	0.043	3.93	5.0	0.25	Olor detectable a 1-3ppm. Puede irritar los ojos y la nariz a 13 ppm.
No.			17.5	2.7	4.0			La mayoría de éstos son peligrosos direc- tamente en grandes concentraciones
O	0.52		0.5	0.03	0.90	0.1	0.15	Si el contenido oxidante del "smog" alcanza 0.1 ppm. produce irritación de los ojos. El O afecta el funcionamiento de los pulmones a 0.5 ppm.

120 locomotoras que consumían diariamente, de acuerdo con las horas de servicio, caballaje y gramos de combustible utilizado 250 toneladas de combustible diesel.

En el país, la producción anual de petróleo es del orden de 30 millones de m^3 , de los que cerca de 1% se vierten a la atmósfera durante el tratamiento del mismo. Entre gasolinas y kerosinas refinadas se producen 25 millones de m^3 al año.

En el Valle de México, el consumo de energéticos del petróleo, durante el año de 1971, fue superior a los 3 millones de m^3 de gasolina, a los 400 mil m^3 de diesel, casi 1 millón de m^3 de combustible y más de 1,700 millones de m^3 de gas, lo que representó, estimativamente y utilizando factores de emisión norteamericanos, adaptados a las condiciones de altura de la Ciudad de México, la emisión diaria de 4,600 toneladas de contaminantes, dentro de los cuales la mayor cantidad fue de monóxido de carbono, siguiendo luego los hidrocarburos, el bióxido de azufre, los óxidos de nitrógeno, partículas, ácidos orgánicos, aldehidos y el plomo. Para 1972, los consumos de combustible en el Valle de México hasta el mes de septiembre, originaban estimativamente una emisión diaria, calculada en las condiciones ya anotadas, de 4,900 toneladas de contaminantes, en proporción y orden similar a la señalada en el año anterior. (Tablas 3 y 4). Hemos de apuntar que los factores de emisión de contaminantes para vehículos, que se usaron, de los calculados en Norteamérica, nos permiten aseverar, tomando en cuenta las condiciones de antigüedad, operación y trán-



TABLA 3

**EMISION DIARIA AL AIRE, DE CONTAMINANTES PRODUCIDOS
POR EL USO DE COMBUSTIBLES EN EL VALLE DE MEXICO,
EN KILOGRAMOS POR DIA**

	1	9	7	1	
Contaminante	Gasolina	Diesel	Combustóleo	Gas Doméstico e Industrial	Total
Aldehidos (HCHO)	3,865	1,296	638	150	5,949
Monóxido de Carbono	3,780,000	7,775	1,085	30	3,788,890
l hidrocarburos	270,000	24,655	893	—	295,548
Oxidos de Nitrógeno (NO ₂)	54,600	43,030	11,480	16,100	125,210
Dióxido de Azufre (SO ₂)	8,685	5,184	250,328	30	264,227
Trióxido de Azufre (SO ₃)	—	—	3,189	—	3,189
Acidos orgánicos (acético)	3,865	3,987	—	376	8,228
Particulas	11,600	14,255	6,378	1,360	5,949
Total	4,132,615	100,182	273,991	18,046	33,593
Consumo de combustible (M³/año)	3,013,060	404,269	994,828	1710,204,657	4,524,834

Datos obtenidos con el consumo de combustible existente en el Valle de México, de acuerdo con información proporcionada por Petróleos Mexicanos, en oficio No. OPA-518 de fecha 27 de noviembre de 1972 y utilizando los factores experimentales de emisión de la Revista "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", U. S. Department of Health, Education, and Welfare, Durham, North Carolina, 1968.

sito de los vehículos en el Valle de México, que la cifra de 4,900 toneladas diarias de emisión de contaminantes en el Valle de México es bastante conservadora.

Petróleos Mexicanos distribuyó en el Valle de México a particulares en 1971, un total de 240,000 m³ de combustóleo, de los cuales el 65% se vendió en la zona de Nonoalco y en 1972 hasta el mes de agosto, la distribución era de 191,194 m³ de combustóleo, correspondiendo el 69% a la misma zona de Nonoalco. La distribución en el Valle de México de combustóleo por Petróleos Mexicanos para termoeléctricas e industrias en 1971 alcanzó la cifra de 750,000 m³ y hasta agosto de 1972 se habían distribuido para este mismo propósito 435,000 m³.

En el País se generan alrededor de 32,000 millones de kilowatts hora de energía eléctrica. Solo un generador de vapor de una planta de 300,000 kilowatts, consume 70,000 litros por hora de combustóleo e 71,000 m³ de gas natural, vertiendo por tal concepto 20,000 m³ por minuto de gases con contaminantes como partículas y óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno, productos de la combustión.

La fabricación anual en el País de 7.2 millones de toneladas de cemento gris, conservadoramente representa el vertimiento de 700,000 toneladas de contaminantes principalmente partículas, y la producción de 4 millones de toneladas de hierro contamina el aire, con 15,000 toneladas de partículas cuando menos, además de óxidos metálicos diversos.

Otros contaminantes se vierten al aire: en el consumo de 2,300 millones de cajetillas de cigarros, que se producen

TABLA 4

EMISION DIARIA AL AIRE, DE CONTAMINANTES PRODUCIDOS
POR EL USO DE COMBUSTIBLES EN EL VALLE DE MEXICO,
EN KILOGRAMOS POR DIA

Contaminante	1 9 7 2 (SEPT.)				Total
	Gasolina	Diesel	Combustóleo	Gas Doméstico e Industrial	
Aldehidos (HCHO)	4,200	1,497	618	153	6,468
Monóxido de Carbono	4,105,000	15,275	1,045	31	4,121,351
Hidrocarburos	293,500	28,481	863		
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	59,200	55,262	11,150	16,400	322,844
Dióxido de Azufre (SO ₂)	9,420	5,988	242,500	31	142,012
Trióxido de Azufre (SO ₃)	—	—	3,100		257,939
Acidos orgánicos (acético)	4,200	4,606	—	385	3,100
Partículas	12,550	16,467	6,165	1,380	9,191
T o t a l	4,488,070	127,576	265,441	18,380	36,562
Consumo de comb. (m ³ /año)	2,420,855	345,456	631,204	1287,598,818	4,899,467

Datos obtenidos con el consumo de combustible existente en el Valle de México, de acuerdo con información proporcionada por Petróleos Mexicanos, en oficio No. OPA-518 de fecha 27 de noviembre de 1972 y utilizando los factores experimentales de emisión de la Revista "Compilation of Air Pollutant Emission Factors", U. S. Department of Health, Education and Welfare, Durham, North Carolina, 1968.

TABLA 5

INFORME DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO DE
INDICADORES DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA
EN EL VALLE DE MEXICO

A Ñ O S

PROMEDIO ARITMETICO	* 1967	1968	1969	1970	1971	1972
BIOXIDO DE AZUFRE mcg/m ³ 16,418 muestras de 24 horas						
Anual	61	57	77	104	123	92
Máximo mensual	122	121	198	242	289	246
Máximo en 24 horas	237	345	827	737	707	521
Número de muestras	396	1664	2914	3566	3851	4027
PARTICULAS EN SUSPENSION COMO HUMO mcg/m ³ 16,436 muestras de 24 horas						
Anual	99	92	90	91	94	104
Máximo mensual	215	219	200	253	232	309
Máximo en 24 horas	380	654	707	898	978	1155
Número de muestras	393	1669	2913	3550	3846	4065
POLVO SEDIMENTABLE. Ton./Km ² /30 días 561 muestras de un mes c/u						
Anual	18.6	20.6	14.1	21.8	20.4	25.9
Máximo mensual	40.2	50.9	55.2	85.1	67.1	79.1
Número de muestras	13	43	99	132	132	142
INDICE DE SULFATACION. 567 muestras de un mes mg. SO ₃ /dm ² de PbO ₂ /día						
Anual	.48	.21	.11	.18	.38	.48
Máximo mensual	1.22	.75	.32	1.05	.90	1.40
Número de muestras	6	53	100	152	132	141

* Las mediciones empezaron en agosto de 1967.

al año, que representa la mas generalizada y grave fuente individual volitiva de contaminación del aire; en la producción de 70,000 metros cúbicos de pinturas, barnices, esmaltes y lacas, cuyos materiales solventes, cuando se usan estos productos, -- se incorporan en su totalidad a la atmósfera y los contaminantes resultantes del encendido de cerillos y fósforos de los -- que al año se producen 52,000 millones de luces.

En 1970 la producción minerometalúrgica del país alcanzó 10 millones de toneladas entre metales preciosos, industriales no ferrosos, minerales siderúrgicos y minerales no metálicos, -- la producción petroquímica se elevó a 1,500,000 toneladas y la producción de solventes y aromáticos en el mismo año fue de -- casi 30,000 toneladas, todo lo cual representa grandes cantidades de diversos contaminantes que se vierten al aire.

Las plantas de concreto asfáltico, las ladrilleras, las -- fábricas de yeso y de cal, son eminentes productoras de partículas que contaminan el aire de nuestro país. La fabricación -- de fertilizantes representa una emisión anual de 2,000 toneladas de contaminantes particulados.

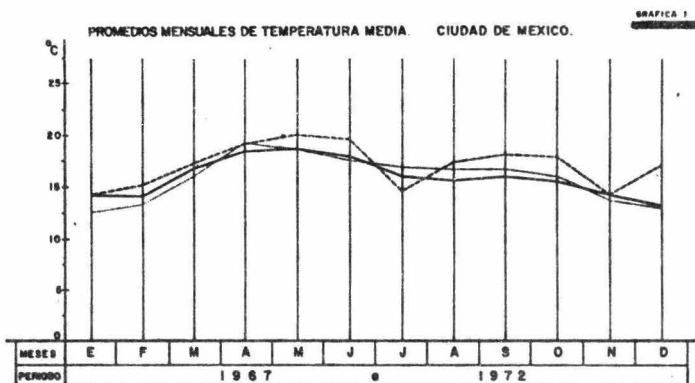
La producción de azúcar, algodón, fibras textiles y alimentos, la reducción y proceso de productos animales, junto -- con las fábricas de papel, de vidrio, de llantas y la industria química producen y liberan al aire contaminantes.

Más de 1,500 incendios al año de empresas y casas y los incendios forestales, las incineraciones de desechos y basura de las que se colectan 8,000 toneladas en el Valle de México diariamente y la quema de combustibles diversos en los calef

tadores domésticos de agua para el baño, de los que estimativamente hay 1.5 millones en la ciudad de México y empresas como baños, hoteles, tortillerías, tintorerías, restaurantes, producen y vierten humo y otros contaminantes del aire.

De acuerdo con la información recabada en cerca de 10,000 cuestionarios para dictamen que se recibieron en la Dirección General de Investigación de los enviados por las empresas e establecimientos para cumplir con lo dispuesto en el artículo segundo transitorio del reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica por la emisión de humos y pelves, 928 enviaron propuestas para que se les autorice -- instalar equipo de control técnicamente aceptable, 599 enviaron propuestas de equipo de control técnicamente no aceptable, 2,656 que necesitan equipo de control, no enviaron propuestas y 5,691 tienen problemas mínimos e no necesitan instalar equipos de control; el resto no informó.

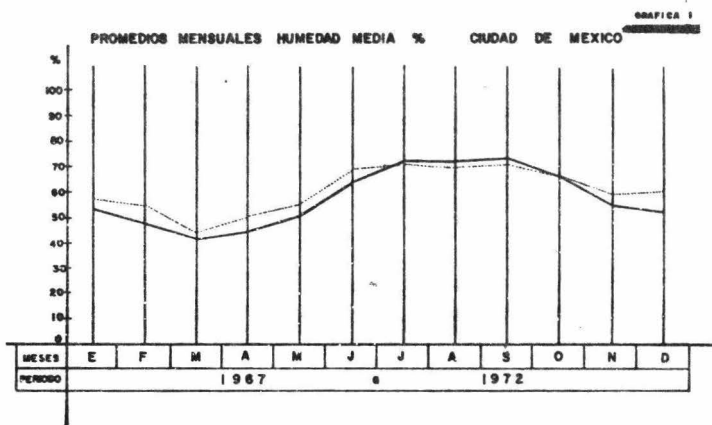
Según la información proporcionada por las empresas que enviaron su cuestionario, estimativamente correspondería, 1 caldera para 2 empresas, 1 horno e incinerador para cada empresa y 3 chimeneas por cada 2 empresas; el 67% de las empresas o establecimientos están localizadas en el Distrito Federal y dentro de éste, en la zona 13 se localiza el mayor número; en el Estado de México, en Jalisco, en Puebla y en Nuevo León, en ese orden, se localizan fuera del Distrito Federal, el mayor número de industrias. Los combustibles utilizados - en mayor cantidad son el combustóleo, petróleo, diesel y gas, aunque también se emplea el carbón, el chapopote, leña, - -



SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE.
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION.

.....	AEROPUERTO
-----	TACUBA CENTRO
————	TACUBA

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO

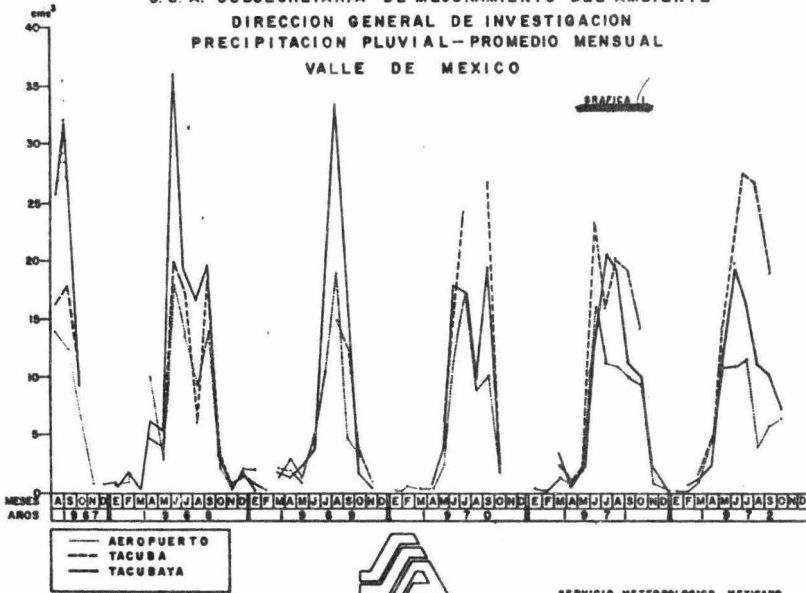


SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION

.....	AEROPUERTO
-----	TACUBA

SERVICIO METEOROLOGICO MEXICANO

S. S. A. SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION
PRECIPITACION PLUVIAL - PROMEDIO MENSUAL
VALLE DE MEXICO



acetileno, bagazo de caña, gasolina, pajilla de café, cáscara de cacao, placas radiográficas, desperdicios de hule, aceite, desechos diversos y estiercol seco.

En agosto de 1967, la Secretaría de Salubridad y Asistencia, comenzó a instalar y operar estaciones de muestreo de algunas de los más importantes indicadores de la contaminación de aire. Se adoptaron, con algunas variantes, métodos normalizados de muestreo y análisis de la Organización Mundial de la Salud, la que procedió a integrar en la red multinacional de muestreo, innovaciones observadas en el sistema mexicano.

Actualmente se operan y mantienen 14 estaciones de muestreo y análisis de indicadores de la contaminación del aire en el Valle de México, las que funcionan ininterrumpidamente y en las que se determina polvo en suspensión como humo y -- polvo colectado por gravedad o sedimentable, bióxido de azufre, corrosión y sulfatación ambiental. En 5 de estas estaciones se investiga la concentración en el aire de óxidos de nitrógeno y en la estación central que corresponde a la número 12, se investigan partículas totales en grandes volúmenes -- de aire, niveles de concentración de ozono, aldehídos y de monóxido de carbono en el aire.

Recientemente se instalaron en el área del Distrito Federal, tratando de cubrir una red cuadriculada, 252 dispositivos diseñados y contruídos por la Dirección General de Investigación, mediante los cuales se colecta polvo por gravedad y se determina el índice de sulfatación. En un 25% de las -- muestras del polvo colectado se investigan las concentraciones de 7 metales.

El Valle de México se halla rodeado de montañas y sus - - parámetros meteorológicos, condicionan la dilución y dispersión de los contaminantes que se vierten en el aire.

De 1942 a 1950 el promedio anual de la temperatura del - - aire fue de 17.4^o C, siendo los meses de noviembre, diciembre, y enero, los que tuvieron los promedios más bajos de temperatura y abril, mayo y junio los promedios más altos.

El promedio de precipitación pluvial fue de 94, 91, 108 y 91 mm, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre contra 2,2,10 y 13 mm. en diciembre, enero, febrero y marzo.

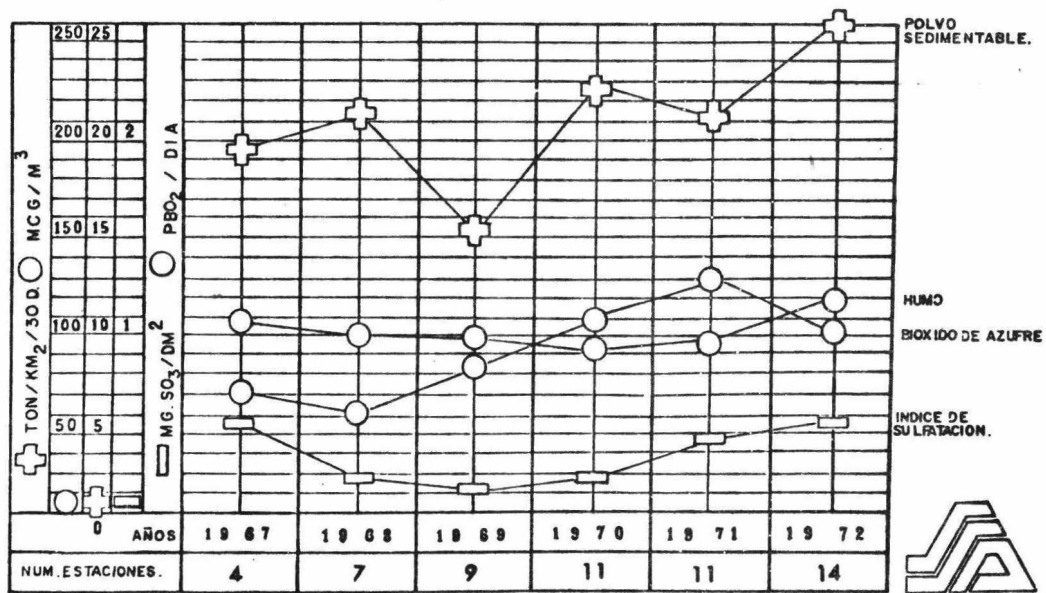
En Tacubaya, D.F., de 1967 a octubre de 1972 la velocidad - promedio del viento fue de 1.5 m/seg. y la dirección del viento dominante fue del norte y del noroeste.

El promedio mensual de la precipitación pluvial total en el aeropuerto desde agosto de 1967 a octubre de 1972 fue de - 121 mm en junio, 126 mm en julio, 119 mm en agosto y 94 mm en septiembre, contra 3 mm en noviembre, 5 mm en diciembre y 6 mm en enero, y 5 mm en febrero. (Gráfica 1).

En las 14 estaciones de muestreo se han colectado y anali zado, hasta el 31 de diciembre de 1972, 16,418 muestras de - - aire para determinar el bióxido de azufre; 16,436 muestras para determinar polvo en suspensión; 561 muestras para determi nar polvo sedimentable; 567 muestras para determinar índice - de sulfatación, percibiéndose a partir de los promedios anua les de 1968, que los resultados con algunas variantes, tienden a incrementarse a excepción del bióxido de azufre cuyo promedio anual en 1972 acusó una disminución en relación con los prome-

SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE.
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION
PROMEDIOS ANUALES DE INDICADORES DE CONTAMINACION DELAIRE VALLE DE MEXICO.

GRAFICA 2



dios de los 2 años anteriores. (Tabla 5, gráfica 2).

En la red de muestreo de contaminación del aire localizada en el Valle de México, mediante el análisis de los resultados obtenidos, vemos que existen variaciones en las concentraciones de los contaminantes del aire en los diferentes sitios, lo que se explica por la característica y magnitud de las - - fuentes emisoras de contaminantes del aire vecinas al sitio de muestreo, y las variaciones que se observan durante el año, de los resultados en el mismo sitio de muestreo, están acordes a las condiciones meteorológicas prevalecientes, siendo menores algunos niveles durante la estación de lluvia y cuando el viento desplaza al aire contaminado. (Anexo 1 y 2).

ANEXO 1

**SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA
SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE**

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION

Red de muestreo — Contaminación del aire — Valle de México

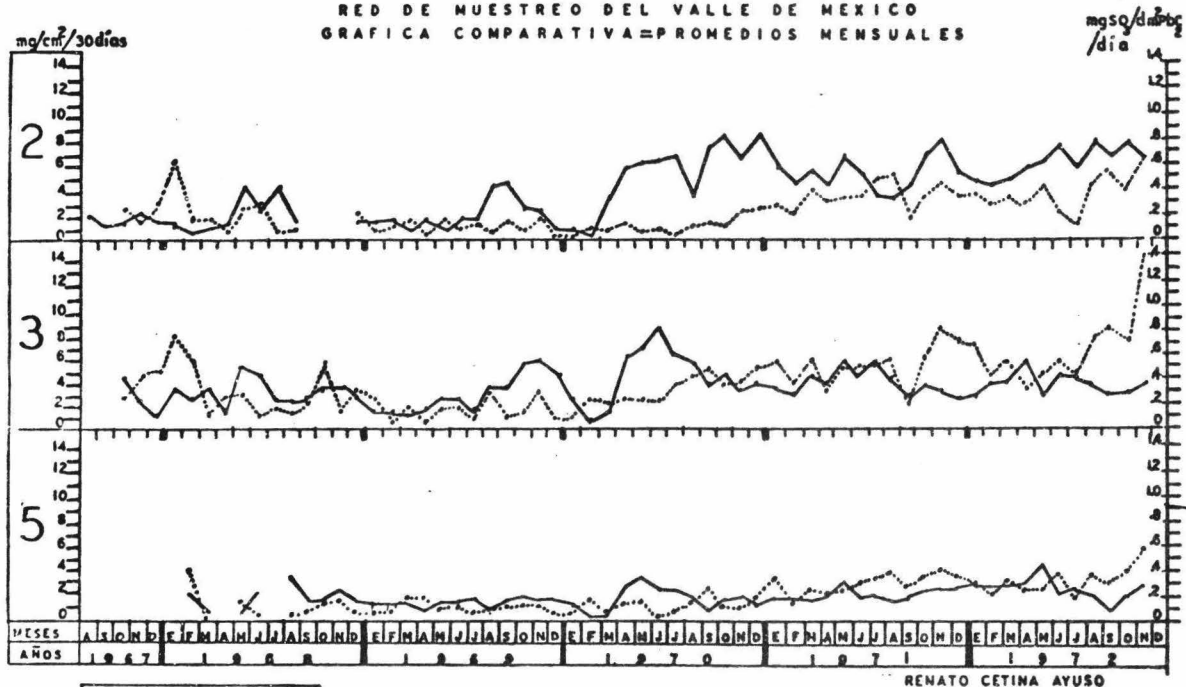
Concentración de contaminantes — Promedio Anual

Polvo en Suspensión mcg/m³							Bióxido de Azufre (mcg/m³)						
Est.	1967	1968	1969	1970	1971	1972	Est.	1967	1968	1969	1970	1971	1972
1	87	88	111	103	100	120	1	87	81	115	150	182	133
2	72	76	82	94	115	117	2	31	33	57	74	79	58
3	162	138	135	155	114	126	3	111	91	145	153	163	124
4	108	69	78	76	75	73	4	44	30	52	70	76	56
5		71	55	58	60	71	5		37	50	90	102	71
6		130	104	100	183	198	6		65	70	78	129	93
7		118	94	95	77	82	7		67	68	75	88	66
8			84	75	78	109	8			62	84	86	86
9			50	90	51	68	9			73	100	114	89
10				94	85	98	10				145	192	104
11					85	90	11					142	130
12						94	12						122
13						93	13						74
14						115	14						34

Polvo sedimentable (mg/cm²/30 días)							Indice de sulfatación (mg SO₂/dm² de PbO₂/día)						
1	1.78	1.71	1.17	1.45	2.20	3.53	1	0.99	0.25	0.14	0.42	0.69	0.68
2	1.77	2.16	2.00	5.34	5.27	6.29	2	0.24	0.21	0.09	0.10	0.37	0.36
3	2.48	3.01	2.76	4.22	4.30	3.58	3	0.43	0.30	0.17	0.30	0.50	0.68
4	0.70	1.55	0.84	1.60	1.23	1.89	4	0.33	0.17	0.11	0.18	0.40	0.38
5		1.89	1.36	1.65	1.99	2.35	5		0.13	0.09	1.11	0.29	0.32
6		1.13	0.91	1.07	1.33	1.52	6		0.09	0.10	0.12	0.38	0.46
7		1.33	1.39	1.80	1.67	2.01	7		0.17	0.11	0.18	0.34	0.42
8			1.00	1.09	1.39	1.56	8			0.12	0.13	0.34	0.37
9			1.06	1.14	1.38	1.42	9			0.07	0.08	0.30	0.27
10				2.11	2.18	2.10	10				0.21	0.60	0.59
11					1.76	2.84	11					0.57	0.61
12						2.31	12						0.88
13						0.74	13						0.46
14						1.82	14						0.57

SUBSECRETARIA DE MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE
 DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION
 INDICADORES DE LA CONTAMINACION DEL AIRE
 RED DE MUESTREO DEL VALLE DE MEXICO
 GRAFICA COMPARATIVA = PROMEDIOS MENSUALES

ANEXO 2



MÉTODOS DE MEDICIÓN.

Para la medición de los niveles de contaminación existe una gran variedad de aparatos y técnicas; como, cromatografos de gases, analizadores de oxido de nitrógeno, analizadores de bióxido de nitrógeno, muestreador de ozono, etc. A continuación veremos una descripción del equipo y procedimientos de muestreo más comunes.

Determinación de la velocidad de sulfatación por el método de Placa Huey. El muestreador se hace cubriendo el interior de una caja petri de plástico, con diámetro interior de 4.8 cm. Se mezclan 112 gr. de bióxido de plomo, con 700 ml. de agua, 0.7 gr. de goma de tragacanto y 7 gr. de fibra de vidrio Gelman A. diez mililitros son transferidos dentro de cada caja de petri. El recipiente recubierto es secado en un horno a baja temperatura (60°C). Después de secarse la caja de petri es sellada con una tapadera; la caja cubierta sirve como recipiente de envío.

Al exponer una placa de sulfatación, la tapadera es removida y la placa es puesta en un soporte que asegurará que quede en posición hacia arriba. La caja sirve como recipiente de protección y como soporte del bióxido de plomo.

Método de la Bujía de Plomo, para la velocidad de sulfatación. La velocidad de sulfatación por la técnica de la Bujía de Plomo consiste básicamente el muestreador de un cilindro con una malla cubierta de bióxido de Plomo. El --

bioxido de azufre reacciona con el bióxido de plomo para formar sulfato de plomo. Las muestras son expuestas por un periodo de un mes y entonces analizadas para sulfatos. Los resultados son expresados como $MgSO_3$ por 100 mc^2 por mes.

Analizador Hi-volume para particulas. Las particulas suspendidas son medidas por el analizador Hi-volumen. El aire es pasado a traves de un filtro de vidrio a una velocidad cerca de 50 cc/min. por 24 horas. El incremento en peso de la fibra de vidrio dá el total de particulas suspendidas y es reportado como microgramos por metro cubico de aire.

Tambien se determinan por el laboratorio, en el material colectado, las porciones solubles en agua de los sulfatos, nitratos, cloruros, y el pH. Los metales determinados son Fe, Zn, Pb, Cd, Cu y Be.

Caida de polvo.- La caida de polvo es medida por medio de latas muestreadoras de acero inoxidable. Esta prueba mide las particulas grandes que se precipitan cerca de las fuentes de emisión, el periodo de exposición es de un mes. Los resultados son reportados como toneladas de polvo por kilometro cuadrado por 30 días. El total de polvo colectado incluye las particulas solubles e insolubles.

CAPITULO III

FUENTES DE CONTAMINACION.

FUENTES DE CONTAMINACION.

Las fuentes individuales de la contaminación atmosférica, surgidas como consecuencia de la urbanización e industrialización son muchas y variadas, pero las emisiones de los vehículos de combustión interna son identificados-unitariamente como las mayores y más importantes. Se calcula que su aportación por este concepto fluctúa entre el 50% y 70% del total de ellas en zonas urbanas.

Se sabe que los vehículos son los principales contribuyentes a la formación de las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera las cuales dan origen al smog fotoquímico.

En 1940 había en el país aproximadamente un coche -- por cada 25 adultos, hoy hay uno por cada 3 adultos y se calcula que en 1980 habrá probablemente, un automóvil por cada adulto y un cuarto.

La segunda en importancia, de las fuentes de contaminación del aire es la industria.

Las industrias que crean los peores problemas de contaminación son las de productos químicos, como las de gases y fertilizantes, y, ácido sulfúrico, plantas de cemento, la industria de los metales, refinerías de petróleo y las plantas de pulpa y papel.

Las industrias de metales, son las que llevan a cabo todos los pasos necesarios para extraer del suelo hierro, cobre, plomo, aluminio, zinc y otros metales y refinarlos para obtener metales puros y sus aleaciones.

Entre los contaminantes se encuentran el polvo de rocas, los óxidos de hierro y de azufre y otros compuestos.

Las refinerías de petróleo son las industrias en las que el petróleo crudo que ha sido bombeado del suelo se separa en muchos productos valiosos. Entre estos están la gasolina para motores de combustión interna, los combustibles especiales para aviones, aceites lubricantes, gas combustible, aceites combustibles, azufre, grasas, cera y asfalto. Las refinerías de petróleo también producen materias primas que se utilizan en la industria química para hacer una serie muy extensa de productos petroquímicos.

El petróleo crudo o bruto es una combinación de sustancias químicas muy diferentes que se llaman hidrocarburos, mezclados con cantidades pequeñas de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos. Para separar los productos deseados las refinerías emplean una serie de métodos complicados, como el de la destilación etc. Durante todas estas operaciones de refinado, pueden escapar al aire contaminantes de todas clases, entre las que se encuentran las compuestas mal olientes del azufre, el amoníaco, los óxidos de nitrógeno y algunas de los mismos hidrocarburos. Se puede evitar que la mayoría, si no todos, lleguen al aire.

La industria de la pulpa de madera y del papel siempre ha tenido el problema del mal olor. Algunas clases de molinos despiden olores pestilentes muy difíciles de con-

trolar.

Para hacer papel, se corta la madera en pequeñas astillas y después se hierven en un depósito grande que se llama digestor, con sustancias químicas que descomponen la estructura de la madera hasta que se separa para formar la pulpa de fibras.

Estas se introducen en una máquina de hacer papel, donde se extienden formando una delgada película, que al secarse forma una hoja de papel.

Las sustancias químicas que se utilizan en el digestor son compuestas de azufre y es al prepararlas, cuando se pueden desprender gases fétidos.

[La industria química (Fig. 1), fabrica una enorme cantidad de productos, desde el ácido para las baterías hasta los plásticos más modernos.] Tiene casi tantos problemas de contaminación del ambiente, como productos diferentes. Probablemente, el más serio de estos problemas es el de las fábricas de ácidos y álcalis. [Las de los primeros desprenden peligrosas lloviznas de los mismos ácidos: clorhídrico, nítrico, fosfórico y sulfúrico. Estos son suficientemente fuertes como para corroer la pintura y corroer el metal. También desprenden contaminantes como óxidos de azufre, fluoruros, óxidos de nitrógeno y partículas. Las fábricas que hacen álcalis (sosa, carbonato de sodio y cal) a menudo producen polvo.]

[Cuando se fabrican fertilizantes del tipo de los fos-

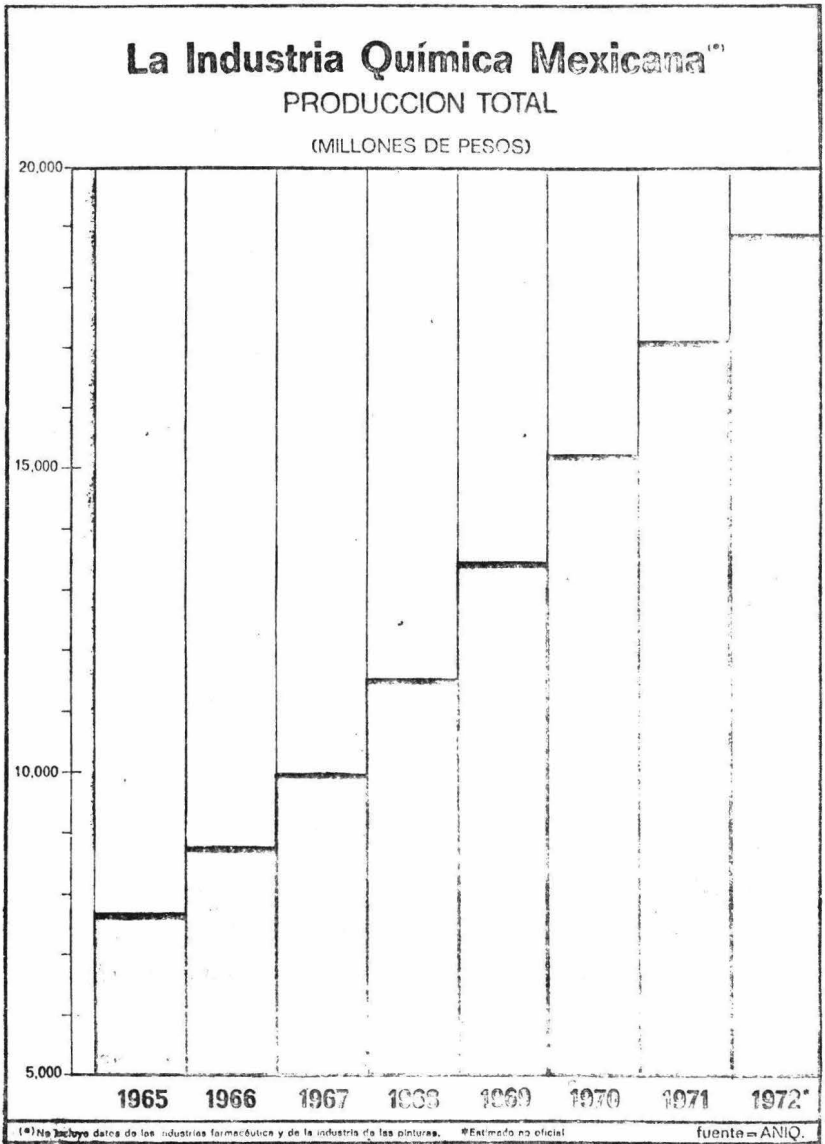


Fig. 1

LA INDUSTRIA QUIMICA MEXICANA EN CIFRAS

Fuente: ANIQ

SECTOR	Producción 1971 (Toneladas)	No. de Plantas
HULE SINTETICO	48,700	3
QUIMICA ORGANICA BASICA		
ACIDO SULFURICO	1,433,354	16
SOSA CAUSTICA	174,271	3
CLORO	85,306	5
CARBONATO DE SODIO	318,902	2
ACIDO FOSFORICO	341,670	5
PIGMENTOS, ANILINAS Y COLORANTES	3,400	13
FIBRAS SINTETICAS	101,300	9
RESINAS SINTETICAS	162,293	18
FERTILIZANTES	1,557,225	12

Fig. 1

fatos, se pueden desprender compuestos de flúor que destruyen la vegetación y envenenan el ganado.]

[La tercera causa mayor de la contaminación del aire es la generación de corriente eléctrica]

La electricidad se genera de tres formas diferentes: de la fuerza hidráulica de la energía nuclear o de los combustibles fósiles.

En una central eléctrica de combustibles fósiles se queman éstos en cámara de combustión de un generador y se calienta el agua dentro de los tubos. Esta se convierte en vapor, que se deja escapar por las paletas de una turbina. La turbina gira y produce electricidad.

Los combustibles fósiles (carbon, petróleo y gas natural), contienen una determinada cantidad de material que no se quema convirtiéndose en ceniza. Si no se controla de alguna forma, sube por la chimenea de la central eléctrica y se esparce por los alrededores en forma de partículas. También a veces, cuando la cámara de combustión se está calentando o ajustando, por la chimenea pueden desprenderse nubes de hollín.

El carbon y el petróleo contienen, asimismo, una pequeña cantidad de azufre. Cuando se queman los combustibles, este azufre sale por la chimenea en forma de óxidos gaseosos. ←

Algunas centrales eléctricas usan el gas natural el cual tiene menor contenido de azufre y de cenizas, por lo

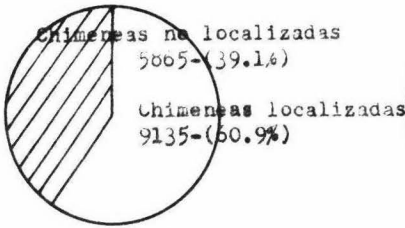


FIG.2

Chimeneas en el D.F.



FIG.3

Empresas que queman basura al aire en el D.F.

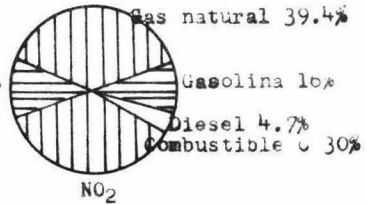
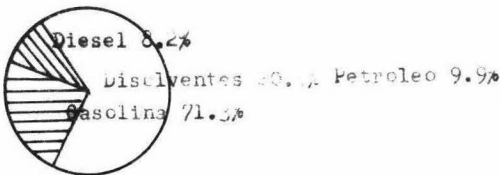
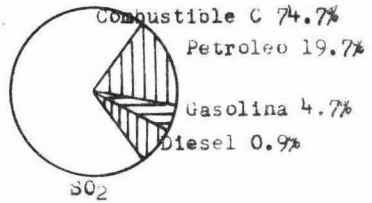
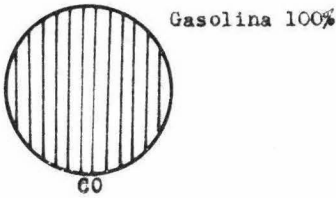


FIG. 4 ORIGEN DE LOS CONTAMINANTES EN LA CIUDAD DE MEXICO

que, no producen tanta contaminación.

→ En México, una de las fuentes de mayor importancia son; las chimeneas de las calderas de pequeños talleres, pande-
rías, tintorerías, baños, calefacción, boiler case-
ro, etc. (Fig. 2), ya que los propietarios tienen poca --
cuidado del funcionamiento de su equipo. Los contamina-
tes son del tipo de los procesos de combustión, como oxi-
dos de azufre, partículas de ceniza, hollín y óxidos de -
nitrógeno, sin olvidar el bióxido de carbono que siempre
esta presente.]

Finalmente, otra causa de importancia en la contamina-
ción del aire, [es la quema de la basura. La forma más co-
mún de deshacerse de la basura, es quemarla.] En el Distri-
to Federal hay 167 empresas que lo hacen, de las cuales -
sólo 102 tienen incineradores adecuados para este fin (Fig.
3). En general los habitantes de la Ciudad de México, con-
tribuyen en mayor o menor grado y por diversas causas a -
la contaminación del aire.

A continuación trataremos con detalle algunas de las
principales fuentes de contaminación.

AUTOMOVILES.

Los automoviles añaden impurezas al aire de distintas -- maneras. Los contaminantes de un automovil proceden del carter, del carburador, del deposito de gasolina y del tubo del escape. El carburador es el dispositivo que recibe un poco de gasolina, la mezcla con mucho aire y envia los vapores a los cilindros. -- En éstos, los gases son comprimidos por los pistones y explotan con las chispas de las bujias, esta explosión proporciona la -- fuerza que mueve las ruedas. Tal tipo de motor se llama de combustión interna, porque el combustible se quema dentro de los -- cilindros. El carburador siempre contiene algo de gasolina, le mismo que el deposito. Ambos dispositivos tienen aberturas de -- seguridad, para evitar que la presión suba demasiado al evaporarse la gasolina.

Por estas aberturas de ventilación no escapa mucha gasolina cuando el automovil esta en marcha, pero cuando se para el -- motor, también se detiene el ventilador de enfriamiento y permite que se retenga el calor. Este hace que se evapore la gasolina y escape por las aberturas de ventilación especialmente las del carburador. Esta evaporación se llama "perdida por calentamiento" y constituye aproximadamente el 15% del total de los -- hidrocarburos que desprende un coche.

El carter es el recipiente que esta debajo de los cilindros y que contiene el aceite que lubrica al cigüeñal. Debido a la -- fuerte presión que ejercen los pistones sobre la gasolina en -- los cilindros, algunos vapores se escapan por los pistones hacia el carter y después se desprenden al aire. Esta pérdida se

llama "fuga" y constituye el 20% de los hidrocarburos, si no se controla.

El 65% restante se expulsa por el tubo de escape. Es una mezcla de bióxido de carbono, monóxido de carbono, gasolina sin quemar (Hidrocarburos) vapor de agua, oxidos de nitrógeno y otros productos de combustión. Este residuo es lo que queda después de que la mezcla de gasolina con el aire explota en los cilindros.

De acuerdo con la reacción estequiométrica de la combustión incompleta que sufren las gasolinas al usarse como combustible, se han encontrado las siguientes emisiones de contaminantes en base de un m³ de combustible:

	Kg
Monóxido de Carbono	536
Hidrocarburos	22
Oxidos de Nitrógeno	29
Partículas	1
T o t a l	588

Con estos datos, se puede calcular el total de contaminantes que se emiten en el Valle de México diariamente, considerando un consumo promedio de 9 000 m³.

	Ton
Monóxido de Carbono	4 824
Hidrocarburos	198
Oxidos de Nitrógeno	261
Partículas	13
T o t a l	5 296

Además, se emiten óxidos de azufre y compuestos de plomo, cuyas cantidades dependen del contenido de azufre y plomo en las gasolinas. Para el caso de México, las gasolinas contienen un --

promedio de 0.12% en peso de azufre y 0.77 g. plomo/litro, - (tabla No. I), la emisión a la atmósfera de estos contaminantes, considerando un consumo promedio de 9 000 m³ diarios, será de:

	Ton
Plomo	7
Bióxido de Azufre	16

Es conveniente considerar que por manejo de la gasolina - - existen pérdidas por evaporación que contaminan el ambiente, - - (tabla No. II).

Las causas de la combustión parcial en los vehículos de combustión interna son anoxia. Las máquinas son alimentadas con mezclas ricas (aire-combustible), a fin de obtener máxima potencia.

Es decir: se dosifica más combustible que oxígeno y el combustible excedente no se carbura y, consecuentemente no se quema. En otras palabras, se agota el oxígeno cuando todavía queda combustible crudo.

El 15% del combustible que usted paga, sale crudo y gasificado por el escape y se convierte en Smog.

De aquí se desprende la necesidad de obtener potencia máxima con mezclas estequiométricas.

El tiempo de gasificación y carburación es de sólo 1/500" para motores diesel, pero la alta temperatura del aire precomprimido adiabáticamente en la cámara favorece la gasificación.

Mezcla químicamente estequiométrica es aquella que tiene - la cantidad exacta de uno y otro componentes. En este caso, - - O₂ y Cx Hx.

Cuando una minúscula gota de hidrocarburos es succionada - por el carburador ocurren los siguientes eventos.

- a) La partícula es acelerada por el aire que aspira la máquina.

TABLA I
CONTENIDO ACTUAL DE TETRAETILO DE PLOMO
EN LAS GASOLINAS
ENERO DE 1972

País	Producto	Indice de Octano	TEP ml/gal.	g. plomo/gal.	g. plomo/litro
Alemania	Premium	100.5	2.20	2.32	0.613
	Regular	94.0	2.20	2.32	0.613
Canadá	Regular	94.5	2.35	2.48	0.655
E.U.A.	Premium	100.0	2.80	2.95	0.779
	Regular	94.0	2.00	2.11	0.557
Francia	Premium	99.0	2.40	2.53	0.668
	Regular	92.0	2.40	2.53	0.668
Inglaterra	5 Estrellas	101.5	2.91	3.06	0.808
	2 Estrellas	90.1	0.80	0.85	0.224
México	Supermexolina	81	2.70	2.84	0.75
	Gasolmex	90	2.80	2.95	0.77
	Pemex 100 *	100	3.90	4.00	1.08

* El Pemex 100 en México constituye solo el 10% del total de las gasolinas consumidas.

b) Se inicia la gasificación de la gota debido a la depresión barométrica y al intercambio de calor con el múltiple de admisión. Los gases se mezclan con el aire.

c) Las moléculas de hidrocarburo gasificadas se carburan con las del aire. La turbulencia y el calor del múltiple de admisión son los agentes que favorecen este fenómeno.

Todo ésto debe transcurrir en un término no mayor de 40 milésimas de segundo. Una mejor idea del tiempo anterior se obtiene observando los disparos de una cámara fotográfica a 1/25". En dicho tiempo no es posible lograr la gasificación de todas las partículas de hidrocarburos líquidos ni la carburación de todas las moléculas gasificadas. Por esta razón se impone dosificar combustible adicional para lograr una abundante gasificación capaz de carburar todo el oxígeno disponible en la cámara de combustión.

Debido al combustible extra, la relación aire-combustible es muy "rica" en combustible líquido, pero es aproximadamente "estequiométrica" en combustible gasificado. Entonces, el combustible que no se gasifica (oportunamente, por supuesto), no se carbura, no participa en la combustión, se expulsa crudo y contamina la atmósfera. He ahí el problema aunque es muy fácil mezclar y homogeneizar dos líquidos o dos gases diferentes. En las máquinas de combustión interna, el problema es mezclar un gas (aire) con un hidrocarburo líquido, pues primero hay que gasificar el combustible.

A baja velocidad (RPM), la turbulencia es baja, la homogeneización se reduce y este fenómeno también se compensa con ---

PETROLEOS MEXICANOS

TABLA II

PERDIDAS ESTIMADAS DE HIDROCARBUROS, EN LAS OPERACIONES

DE MANEJO DE GASOLINA A DIFERENTES TEMPERATURAS *

EMISION EN KG/M³ DE GASOLINA MANEJADA (% DEL TOTAL) **

Operación	4.4°C	10°C	15.6°C	21.1°C	26.7°C	32.2°C	37.8°C	% Total
— Manejo en Refinería	0.3360	0.444	0.6	0.804	1.068	1.44	1.824	14.6
Llenado de los Tanques de las Estaciones de Servicio.	0.216	0.288	0.384	0.516	0.684	0.924	1.176	9.4
— Llenado Autos-Tanque	0.252	0.336	0.456	0.612	0.816	1.092	1.392	11.0
Evaporaciones del Tanque de Combustible y Carburador de los Autóviles	1.488	1.956	2.664	3.564	4.716	6.36	8.088	65.0
T O T A L E S	2.292	3.024	4.104	5.496	7.284	9.816	12.480	

* Literature Review of Metropolitan Air Pollution Concentration-Preparation, Sampling and Assay of Synthetic Atmospheres, Stanford Research Institute, November 1956.

** Como una aproximación a las presiones de valor de la Gasolina, se usaron las presiones de Vapor de N-Heptano.

Estos cuerpos extraños tienen diversos efectos en los catalizadores de gases de escape, consumen oxígeno y agravan el problema.

Otras formas de transporte aumentan nuestras preocupaciones por la contaminación. La mayoría de la gente cree que como los gases del escape de un autobús huelen mal o los de un enorme camión con remolque son humos negros, sus motores diesel han de ser una fuente importante de contaminación. En realidad, - aunque los gases de combustión de los motores diesel desprendan contaminantes mas o menos de la misma clase que los de los automóviles, contienen una cantidad mucho menor que ellos, además - no hay muchos vehículos en la ciudad con motores diesel, si se compara con el número de automóviles. Por esta razón, los escapes de los vehículos con motores diesel son notorios principalmente por las molestias del color y olor de sus humos.

Los aviones también producen un gran volumen de gases de escape. Se dice que un avión de pasajeros moderno, de propulsión a chorro, al levantar el vuelo desprenden tantos gases -- como 11,000 coches. Las personas que viven cerca del aeropuerto están acostumbradas a que el aire huela al combustible de la propulsión a chorro.

GUANOS Y FERTILIZANTES DE MEXICO, S.A.

En esta empresa, las fuentes de emisión de humos, estacionarias se localizan principalmente en los equipos de combustión que utilizan Diesel como combustibles. En este grupo quedan comprendidos principalmente equipos como calderas, hornos, quemadores, motores de los generadores de emergencia, etc. Existe otro tipo de fuentes de emisión de humos que también son originados por un proceso de combustión, tal es el caso de las plantas de ácido nítrico y durante su arranque, las plantas de ácido sulfúrico.

En el grupo de fuentes de emisión que no son estacionarias, están comprendidos los equipos de tracción mecánica entre los más importantes están, las locomotoras Trackmobiles, cargadores frontales, montacargas, gruas y vehículos en general.

La mayor parte de los productos que se elaboran en esta empresa son materiales sólidos y como es de suponerse, existe una variedad de fuentes de emisión de polvos que va desde el manejo de materias primas hasta las últimas operaciones de envasado y embarque de productos. Durante la elaboración existen operaciones y procesos que por su naturaleza favorecen la formación de polvos. Las fuentes de emisión más importantes están localizadas en los molinos, clasificadores neumáticos, granuladores, torres de aperdigonar, secadores, cribas, recubridores, transportadores, mezcladores y concentradores. En algunas de estas operacio

PLANTA	UNIDADES (Capacidad en T/Año)										
	JIO	CGO	COS	CUA	ECA	JRA	MIN	MVA	SAL	SLP	TOR
Acido fosfórico (120%)			17,000				41,000**	18,000			
Acido sulfúrico			60,000	330,000*	36,000**	150,000**	110,000**				
Acido Nitrico				22,000			107,000**	55,000			
Amoníaco				150,000		120,000					100,000
Sulfato de amonio	60,000		50,000				110,000	68,000			
Nitrato de amonio							305,000**				
Urea	56,000	85,000								55,000	
Superfosfato simple				120,000		120,000					
Fosfato diamónico			80,000								
Complejos NPK							140,000	50,000			
Mezclas físicas				60,000		60,000				60,000	5,000
Acido borhídrico 29/30%					6,000				9,000		
Sulfuro de sodio 60/62%					5,840						
Hipoculfito de sodio					650						
Sulfato de magnesio					900						
Sulfato de aluminio					1,080						
Sulfato de hierro					1,200						
Extracción de grasa					480						
Cola de hueso					1,020						
Granelina					300						
Harina de hueso					3,100						
Hidróxido de sodio					4,000				10,000		
y cloro					3,500				8,800		
Hipoclorito de sodio					10,800						
Horno desgrasado					5,260						
DDI									4,500		
DDI 75% P.H.									3,000		
BHC									850		
Toxafeno 90%									2,250		
Acute de pino									1,500		
Monoclorobenceno									3,500		
Cloral									2,300		
Canfeno									675		
Paratión metílico y etílico									7,500		

- * Son tres plantas
- ** Son dos plantas

JIO Unidad Bajío.- Salamanca, Gto.
 CGO Unidad Camargo.- Camargo, Chih.
 COS Unidad Coatzacoalcos.- Coatzacoalcos, Ver.
 CUA Unidad Cuautitlán.- Cuautitlán, Méx.
 ECA Unidad Ecatepec.- Ecatepec, Méx.

MIN Unidad Minatitlán.- Minatitlán, Ver.
 MVA Unidad Monclova.- Monclova, Coah.
 SAL Unidad Salamanca.- Salamanca, Gto.
 SLP Unidad San Luis.- San Luis Potosí, S. L. P.
 TOR Unidad Torreón.- Torreón, Coah.

VMBO/ame

CUADRO 2

**TIPO DE LOS POLVOS CONTAMINANTES QUE EMITEN LAS
PLANTAS DE GUANOS Y FERTILIZANTES DE MEXICO, S. A.**

PLANTA	TIPO DE CONTAMINANTE EMITIDO	EQUIPOS QUE OCASIONAN LA EMISION
Acido clorhidrico	Polvo de combustión (hollin)	Quemador de la retorta de reacción.
Acido fosfórico	Polvo de roca fosfórica	Molino de roca (y los silos de roca).
Complejos	Polvo de fórmulas fertilizantes	Preneutralizador, granulador, cribas, secador, y enfriador.
DDT 75%	Polvo de DDT	Molinos de aire (micronizadores).
Harina de hueso	Polvos de harina de hueso	Molino de hueso
Nitrato de amonio	Polvo de nitrato de amonio	Torre de aperdigonar, granulador, enfriador, secador y recubridor.
Sulfato de amonio	Polvo de sulfato de amonio, Arrastres de solución de sulfato de amonio.	Secador rotatorio. Cristalizador.
Sulfuro de sodio	Polvo de combustión (hollin)	Horno rotatorio.
Superfosfato	Polvo de roca fosfórica	Molino de roca.
Urea	Polvo de urea Arrastres de solución de urea.	Torre de aperdigonar, enfriador rotario, secador y recubridor. Evaporador y concentradores.

nes se tiene perfectamente controlada y abastida su emisión a la atmosfera, sin embargo aun cuando en la mayoría de los casos se tienen instalados equipos de colección que evitan el arrastre, los polvos que no son correctamente capturados se desfogan a la atmosfera a través de ductos y chimeneas. En el cuadro No. 1, se presenta la producción, la capacidad y la ubicación de cada una de las 62 plantas productoras que esta empresa tiene en la Republica Mexicana. En el cuadro No. 2, se presenta el tipo de contaminante y el equipo causante de la emisión. La descripción detallada de todas y cada una de las fuentes de emisión.

Los contribuyentes a la contaminación en particular de la ciudad de México, son las plantas que la empresa tiene en Cuautitlan y Ecatepec, Estado de México.

PLANTAS DE ACIDO SULFURICO.

El método más común para fabricar el ácido sulfúrico es el proceso llamado de "Contacto", (Fig. 1) que usa como catalizador el pentóxido de vanadio, para hacer la oxidación del anhídrido sulfuroso a sulfúrico.

La fabricación ha sufrido grandes incrementos, hasta llegar en 1971 a producir 1,433.000 toneladas de las cuales se exportan 6,000 toneladas anuales (Tabla 1). --
Emisiones provenientes del Proceso.

Los gases residuales del proceso que son emitidos por la chimenea son en su mayor porcentaje, exceso de --

MANUFACTURA DE ACIDO SULFURICO

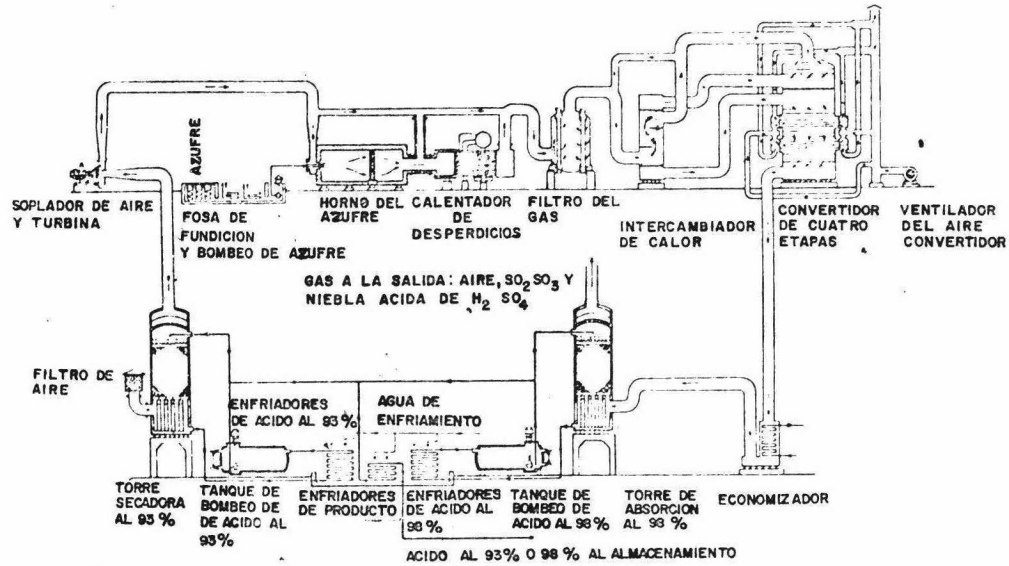


Fig. 1 - DIAGRAMA DE FLUJO PARA UNA PLANTA TIPICA DE CONTACTO CON QUEMADO DE AZUFRE EN LA CUAL EL AIRE DE TEMPLADO NO SE UTILIZA PARA EL CONVERTIDOR DEL GAS DE ENFRIAMIENTO

aire, nitrogeno, humedad y en menor grado, anhídridos sulfurosos y sulfurico..Este último al salir a la atmosfera se condensa y se forma niebla de acido ("plums" - plumas") o sea una ligera columna de niebla compuesta de particulas pèqueñisimas incondensables de acido.

La eficiencia máxima de la planta de acido sulfurico es de 98.2 a 98.5%. Trabajando las plantas a un máximo de 8% de anhídrido sulfuroso en el volúmen total de gases alimentados al convertidor. Esto implica que por la chimenea, salga de 0.12 a 0.16% de anhídrido sulfuroso.

El metodo más seguro de disminuir el anhídrido sulfuroso de las chimeneas es utilizando mucho aire de dilución o trabajando las plantas a muy baja capacidad, sin embargo esto aumenta los costos de producción.

Unas de las causas que producen mayor contaminación a la atmosfera se presenta durante los arranques de la planta, e interrupciones electricas, fugas o ropturas de equipo que originan paros en el proceso. Un alto porcentaje de azufre se quema durante este tiempo de "paro" que sale por la chimenea, como anhídrido sulfuroso.

Otra causa de emisión de anhídrido sulfuroso a la atmosfera, es debido a que el catalizador de vanadio no lleve las especificaciones requeridas.

La formacion del "Mist" (niebla de acido) en las plantas de acido es otra forma de emisió. La pequeña cantidad de humedad que se introduce en el sistema de gases-

TABLA I
PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DE ACIDO SULFURICO

Año	Producción Tons.	Importación Tons.	Exportación Tons.	consumo Tons.
1965	445,000	102.9	---	495,102.9
1966	563,000	2.4	---	563,002.
1967	647,000	2.8	---	647,002.8
1968	780,000	25.5	---	780,255.
1969	1.067,000	----	---	1.067,000.
1970	1.235,000	----	---	1.235,000.
1971	1.433,383	0.7	6,000	1.427,383.
1972	1.675,387	----	15,000	1.660,387.

proveniente por una baja eficiencia de la torre de secado o porque la lleve el azufre que se quema, se combina con el anhídrido sulfurico formando acido sulfurico incondensable que no se absorbe en la torre de absorción, subiendo a la atmosfera, donde con la humedad del medio ambiente produce la niebla.

Otras causas por las que se produce el "Mist" son: - Temperaturas y concentraciones inadecuadas en el acido -- que circula la torre de absorción.

Alto contenido de materia organica en las materias primas. Enfriamiento brusco en los gases de salida del convertidor.

Insuficiente flujo de ácido, fugas y pobre distribución -- del acido en la torre de absorción.

Tipo inadecuado del empacado del absorvedor o que este obstruido (sucio).

PLANTAS DE CEMENTO.

La producción nacional de cemento alcanzada en 1972 fué de 9,072,000 toneladas. En los próximos años, la demanda de este producto por parte de la construcción, tendrá un incremento muy pronunciado, debido a la necesidad actual de dotar a la población de vivienda.

Esta industria es una de las que han experimentado un mayor desarrollo, pero también se encuentra entre las que mayores problemas de contaminación ambiental ofrece por la emisión de partículas solidas de diferentes puntos de sus procesos de producción.

Las materias básicas para la fabricación de cemento, estan constituidas por arcillas, piedra caliza y yeso, y en algunos casos, escoria de alto horno. Las arcillas y calizas normalmente tienen contenidos variables de algunos otros minerales tales como: silicio, aluminio, fierro, magnesio, etc.

El proceso comienza por un quebrado de la piedra caliza, que generalmente son grandes bloques, hasta lograr un tamaño propio para ser molida en molinos de martillos, que reducen su tamaño hasta obtener fracciones no mayores de 0.5 cm, de este molino es enviada a patios de almacenamiento cubiertos.

De estos patios, es llevada a silos a los cuales se transporta arcilla en la dosificación deseada, logrando una mezcla que es conducida a un homogeneizador antes de ser introducida al molino de crudos, en donde se le da una finura aproximada de malla 50, antes de ser alimentada al horno de calcinación.

Algunos de estos molinos, cuentan con un sistema de precalentamiento de crudo para lograr un máximo de aprovechamiento del calor de los gases de combustión. Cuando se aplica este sistema es normal que estos gases ya hayan pasado por un sistema primario de precalentamiento de la mezcla de crudo en una torre intercambiadora de calor, en donde la mezcla es dotada de cierta temperatura, la cual reporta beneficios a la producción y a los equipos para eliminar partículas de estos gases.

De estos molinos la mezcla es llevada a silos de almacenamiento o directamente al proceso de calcinación.

En este punto, podemos definir tres tipos diferentes de proceso; seco, semihúmedo y húmedo. La diferencia básica entre ellos consiste en su contenido de agua al entrar al horno. Los contenidos aproximados de agua en la mezcla son de un 5% a 6% para el proceso seco, 15 a 18% en el semihúmedo y un 35 a 45% en el húmedo, dando características diferentes a la mezclas por alimentar: polvo, nódulos o lodo respectivamente.

Ya en el horno, el proceso es el mismo, eliminación de agua contenida en la mezcla, lograr su deshidratación y llevar a cabo por medio de un incremento gradual de temperatura, las diferentes reacciones químicas, que daran como resultado a su calcinación, a una temperatura promedio de $1,450^{\circ}\text{C}$, un producto denominado clinker.

La composición química de este clinker, dependiendo del proceso empleado para su producción y principalmente del contenido de calidad de las materias primas empleadas, esta constituido principalmente por óxidos de calcio en proporciones de un

64% a un 67%, óxidos de silicio en un 20 y 23%, óxidos de aluminio de un 7 a 11% y óxidos de fierro y magnesio en un 3% aproximadamente.

El Clinker presenta características de gran dureza, parecido a un guijarro y de apariencia negruzca, en tamaños que pueden variar de 1 cm o menos, hasta unos 5 ó 6 cm. Este producto representa en si la materia básica para la elaboración de diferentes tipos de cemento.

Las características de los diferentes tipos de cemento, se obtendrán principalmente del grado de finura en la molienda de este clinker, así como de la dosificación y calidad del yeso empleado, así como de otros tipos de agregados, tal como la escoria de alto horno, para producir cementos de alta resistencia a sulfatos, etc.

Durante este proceso de molienda es de especial importancia, que el yeso no pierda ninguna de sus moléculas de agua que contiene, para lo cual no se debe dejar incrementar la temperatura. Para lograr esto los molinos están equipados de un sistema de enfriamiento, comúnmente por atomización interna del molino o por baño exterior. Después de verificar la calidad del producto, este es almacenado en silos para su posterior envase en sacos o embarques a granel.

Siendo la del cemento, por sus procesos, como se observo, una industria eminentemente polvosa, lógicamente tiene emisiones de partículas sólidas a la atmósfera.

Desde la misma obtención de sus materias primas en la explotación de sus canteras, hasta el punto final de su proceso,

tiene emisiones de polvo. Todas estas emisiones se presentan en diversos tipos, ya sea por manejo de material o por propio proceso en volumen y concentración diferentes, así como por las -- características propias de las partículas. El proceso que mayores problemas presenta, es la calcinación de la materia prima ó clinkerización. Esta operación se lleva a cabo en un horno rotatorio a una temperatura máxima promedio de unos 1,450°C. La materia prima, por la rotación del horno, está en constante movimiento por lo que fácilmente, gran cantidad de partículas sobre todo las más finas, son arrastradas por los gases de combustión; Son dos los problemas de contaminación del aire que se pueden -- presentar durante esta operación, uno de ellos, la emisión de -- partículas sólidas y que es el principal, y el otro es la emisión de gases y humos por diferencias en la combustión.

Este último problema, relativamente nunca se presenta, ya que es de especial interés el lograr una combustión perfecta, -- cualquiera que sea el tipo de combustible empleado, además de -- que las altas temperaturas dentro del horno, propician el quemado completo de este combustible.

Por razones de seguridad y por el uso generalizado que tiene el precipitador electrostático en este proceso, es de mucha importancia el que no lleguen a este, gases inflamables tal como el monóxido de carbono, que se forma por una combustión incompleta y que puede provocar la destrucción del propio precipitador, si alcanza concentraciones altas.

Así que, únicamente consideraremos en este punto de la -- producción, la emisión de polvos que es lo que realmente causa problemas.

En este proceso, las concentraciones de partículas son muy altas, con curvas de distribución de elevados porcentajes de -- partículas finas y medianas.

Otras operaciones que causan problemas de contaminación -- ambiental, en orden de importancia son: trituración y molienda de crudo, molienda de clinker, enfriamiento de clinker y almace namiento de producto en silos.

En todos estos procesos, se tiene la ventaja de que se pue den, inclusive por diseño, elegir las concentraciones y volúme nes de aire por manejar, para un equipo determinado.

La creación de molinos de gran capacidad ha hecho más sim ple el control de sus emisiones, por evitar el uso de múltiples sistemas neumáticos, como antiguamente sucedía. Hasta hace 10 años, era común que una empresa operara hasta con 5 molinos de baja capacidad, lo que representaba un problema por contar con varios puntos de manejo independiente. Las concentraciones de emisión en estos procesos, pueden ser considerables sin llegar a ser tan notables como en el proceso de calcinación.

En enfriamiento de clinker, las concentraciones de partí- culas no llegan a ser muy altas, pero si dignas de control.

Normalmente son bajos los volúmenes de aire manejados, ya que la mayor cantidad de aire a presión utilizado para el enfria miento del clinker, entra al horno haciendo las veces de un - tiro forzado que mejora la combustión en el mismo, a la vez - que arrastra gran cantidad de partículas para el interior, en donde, por la temperatura, se adhieren a otras más grandes ó- siguen su viaje hasta el control establecido en esta fuente.

El problema que se presenta en el almacenamiento de producto, es básicamente por manejo de material, y por constar de producto muy fino, los equipos normalmente empleados en este proceso son muy eficientes, ya que es muy importante este control -- porque las partículas colectadas ya tienen un valor comercial.

INDUSTRIA DEL HIERRO Y EL ACERO.

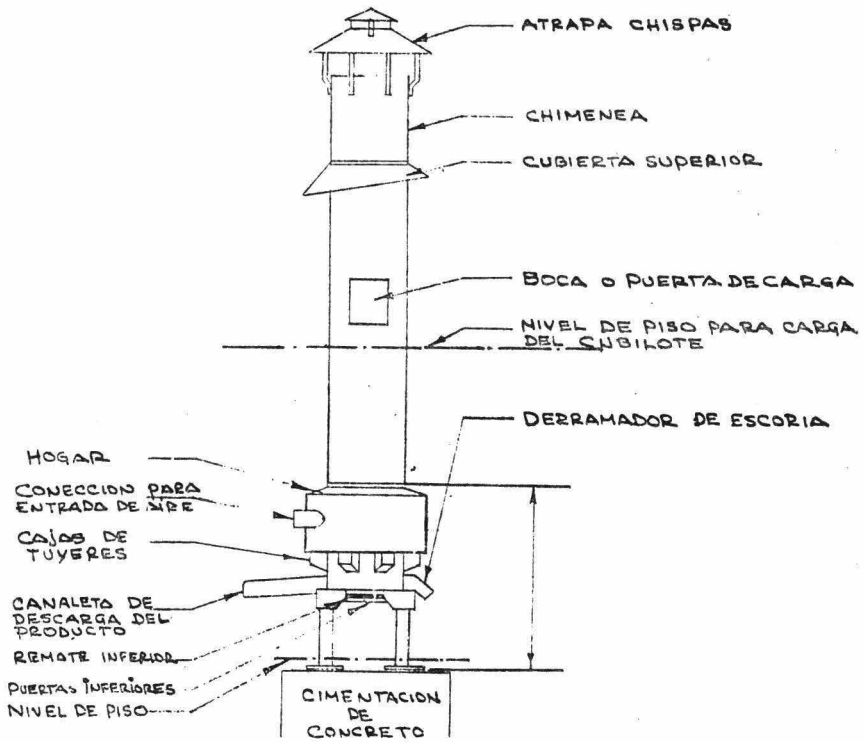
El proceso de fabricación del hierro y del acero esta acompañado por formación de ciertas sustancias indeseables, las -- que generalmente se desechan; Estos subproductos pueden producir contaminación en el medio ambiente.

El conocimiento de esos contaminantes y sus orígenes requiere el examen del proceso metalúrgico y de las etapas de que está integrado.

Cada una de las etapas que forman el proceso metalurgico, son:

Preparación del mineral, extracción del hierro metálico, transformación y tratamiento de los productos, merecen un estudio por separado sobre las emisiones contaminantes y su control, pero para los objetivos de este trabajo, solo consideraremos -- una etapa, y en especial la obtención del hierro gris.

El Hierro gris se produce generalmente en un horno vertical (Fig. 1) que consiste de un cuerpo metálico cilíndrico con refractario en el interior, y que esta equipado con una caja de aire y boquillas (Tuyeres) para la admisión del mismo, que proviene de un ventilador. Una boca de carga es provista en la sección superior, ya sobre la chimenea, arriba del llamado cuerpo



Partes principales de un horno tipo

Cubilote

Fig. No. 1

del cubilote. Por dicha boca, se cargan todos los materiales necesarios para la producción del hierro, tal como el carbon mineral (coque), la pedacería de fierro, lingote o chatarra de fierro, la piedra caliza y en si todos los aditivos necesarios en el proceso, cerca del fondo se encuentran los barrenos y chorroadoras para remover la escoria y obtener el metal fundido, respectivamente.

El proceso de fundición en el horno esta acompañado por el desprendimiento de grandes cantidades de polvos finos, vapores y gases que son descargados por medio del tiro natural formado en su chimenea.

La mayor proporción de las emisiones la constituye el material fino que se encuentra presente en cualquier carga; óxido de fierro es el principal componente.

Como todos ustedes saben, el óxido de fierro se forma sobre toda superficie de fierro expuesta al ambiente, en forma de una capa suelta y suave que lo cubre. Cuando se maneja la chatarra y ésta se carga al horno, la capa de óxido se quiebra y se separa del metal, parte de ella se reduce a partículas finas.

Otra fuente de partícula fina, que conocemos, es el polvillo de coque. El coque es un material poroso con resistencia mecánica limitada, que facilita su rompimiento cada vez que se maneja. Como es tan poroso, tiene una densidad aparente baja, y partículas relativamente grandes pueden ser arrastradas por la chimenea del horno. Otra fuente de partículas finas, la cual frecuentemente se ignora, es la tierra y arena que se --

recoge al manejar las cargas. Pudiera considerarse que no causa ningún daño, ya que después de todo, la cantidad que se pueda recoger llega a ser solamente de algunos kilos por carga, y todos sabemos que la sílice, principal componente de la tierra y arena mencionadas, es inerte. Como veremos, esta idea está muy lejos de ser verídica ya que se ha encontrado que es una fuente importante de dificultades.

La vaporización de algunos materiales que se introducen al horno, es el motivo de la mayor parte de las dificultades que ocasionan las emisiones del horno. Todos nosotros sabemos que el zinc que se encuentra en piezas de fierro galvanizado, causa contaminación del aire; sin embargo, muchos otros materiales tienen presión de vapor apreciable bajo las condiciones de operación del horno. Si consideramos una temperatura de 2100°C ., en la zona de fusión del horno, nos encontramos con que el fierro, el bióxido de silicio y el silicio en sí, tienen una presión de vapor considerable. Este vapor condensará para formar partículas extremadamente finas o humos que son difíciles de capturar; en muchos casos los vapores formarán óxidos antes de enfriarse. La arena común, que podemos considerar como bióxido de silicio (SiO_2), es muchas veces más volátil que el fierro o el silicio elemental, de tal manera que resulta ser un contaminante de mucha importancia pues aunque se tenga en baja concentración tiene una presión de vapor elevado.

Con base en los fenómenos antes mencionados, se desarrolló la Teoría de Vaporización de F. Ekman, la cual permite explicar anomalías en las emisiones de los hornos.

CAPITULO IV.

→ EFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA SALUD
DEL HOMBRE.

Di es falso

→ EFECTOS DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL SOBRE LA SALUD DEL HOMBRE.

Es indudable que [la contaminación del ambiente, donde se concentran grandes núcleos de población, como ocurre en la Ciudad de México, traera consigo importantes y difíciles problemas de salud pública.

Entre estos problemas, los hay de tipo inmediato que son debidos a los altos niveles de contaminación en determinados momentos y que se reflejan en varias enfermedades como son: El asma, bronquitis, enfisema pulmonar, cancer pulmonar, sinusitis, irritaciones de los ojos, irritaciones de las vías respiratorias, alteraciones nerviosas como estados depresivos, de violencia, etc., y padecimientos hepáticos.

{ Otro tipo de estos problemas de salud pública originada por la contaminación ambiental, menos aparente aunque muy grave es el relativo a la diseminación de múltiples especies de microorganismos patógenos: virus, bacterias, hongos, levaduras y aún protozoarios, de los cuales el organismo humano es portador o reservorio.

En el estudio bacteriológico del aire de la Ciudad de México se observa, que es evidente que en las comunidades con defectos sanitarios importantes, principalmente escasa disponibilidad de agua potable, fallas en los sistemas de drenaje y bajos niveles de educación higienica, las contaminaciones por gérmenes de los utensilios provocan altos indices de infecciones del tracto digestivo.

En dichas areas, como son parte de las que integran al Distrito Federal, son igualmente frecuentes las infecciones de

las vías respiratorias. Los índices de letalidad por diarreas y enteritis así como las causadas por neumonías y bronconeumonías han sido prevaletentes en México desde 1922 hasta 1967; su disminución se explica debido a la mejor atención de los pacientes graves; pero la persistencia de su morbilidad se deriva de la - pobre o nula superación del saneamiento del medio. ←

[El incremento de población y de zonas fabriles en el Valle de México durante los últimos años, han transformado su ecología y lo han convertido en una fuente universal de gérmenes -- patógenos.] La mitad de las 14,500 hectáreas del llamado Lago de Texcoco está cubierto por aguas negras que dejan una costra de 3 centímetros de detritus, mismos que en estío son llevados a la zona metropolitana por las corrientes de aire. Puede estimarse que medio millón de habitantes de la periferia de la - ciudad, principalmente los de las 500 "ciudades perdidas" que no tienen letrinas, esparcen media tonelada diaria de heces -- fecales; las cinco mil toneladas diarias de basura, una tonelada diaria de estiércol de las 300,000 vacas que hay en las áreas periféricas, el producto de combustión de un millón de - automóviles, las 400 toneladas diarias que producen las fábricas, son otros datos significativos.

El aire con 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y pequeñas -- proporciones de otros gases no provee sustancias alimenticias para el crecimiento o reproducción de las bacterias u otros -- tipos de microorganismos; algunos de estos resisten variantes importantes de temperatura, humedad y aún de radiación solar, etc., Como se sabe, esta última constituye el mecanismo bacte -- ricida natural más eficaz de los detritus desecados, más no -

así cuando conservan cierto grado de humedad o cuando se interponen las capas de smog que impiden la penetración de los rayos ultravioletas. El mejor ejemplo de esos microorganismos puede ser el de las salmonelas; como viajeras, pueden llegar a un medio favorables, los alimentos, o el propio organismo humano, donde se albergan y reproducen.

La contaminación del aire por bacterias gram-negativas, -- causantes de la gran mayoría de las infecciones entéricas en los niños, y por las gram-positivas, frecuentemente responsables de infecciones del tracto respiratorio, han sido investigado en -- salas de hospital, pero pocas informaciones existen acerca de -- su frecuencia en el ambiente de las calles y casas.

En 15 diversos lugares del Distrito Federal en los meses, -- de abril, julio y octubre de 1971, y en enero de 1972, correspondientes a las cuatro estaciones del año, se obtuvieron siem -- bras del aire en medios de cultivo para gérmenes gram-negativos y para gram-positivos, abriendo las cajas de Petri que los con -- tenían, durante 5 minutos, a la sombra, generalmente a mediodía, a un metro de altura del piso, y retiradas las personas, en ban -- quetas o sitios cercanos a donde pasaban vehículos que levanta -- ban polvo.

Puede observarse que en todos los lugares donde se expusie -- ron los medios de cultivo, y en todas las ocasiones del año, se encontraron enterobacterias, unas de los tipos calificados como francamente patógenas (salmonelas, shigelas, E.coli patógena) y otras saprófitas, o patógenas facultativas (Klebsiela, Pseudo -- monas, E.coli, etc.). Por lo que se refiere a bacterias gram -- positivas la selección se enfocó, solamente al estafilococo -- aureus, coagulasa positivo.

Entre las consecuencias de la contaminación ambiental, que también son poco aparentes pero de gran trascendencia a largo plazo a la salud humana, están los efectos sobre la salud Mutagénesis, Teratogénesis y Carcinogénesis.

Tanto el cáncer como los defectos congénitos se deben, en algunos casos a la acción directa de factores existentes en el medio ambiente, que por supuesto incluyen contaminantes ambientales, en otros casos a errores genéticos que heredamos de nuestros progenitores, o bien son debidos a ambas causas actuando en forma simultánea. A su vez, la producción de mutaciones genéticas es incrementada de manera importante por numerosos contaminantes físicos y químicos del ambiente. Estas consideraciones tienen una gran relevancia por que presuponen que la aparición de tumores, malformaciones congénitas y enfermedades y taras hereditarias son esencialmente previsibles. Si se logra identificar en nuestro medio ambiente aquellos contaminantes que son carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos, y se evita que -- nuestras poblaciones continúen expuestas a ellos, la incidencia de estos serios padecimientos disminuirá considerablemente.

La detención de mutágenos, teratógenos y carcinógenos ambientales es en la actualidad posible, aunque no siempre es barata -- ni fácil. Usualmente requiere de una cooperación muy estrecha entre médicos, epidemiólogos e investigadores experimentales. Además, dado que la producción de este tipo de efectos representa una alteración de los procesos biológicos fundamentales de un organismo, su investigación requiere del empleo de técnicas y enfoques que hasta hace muy poco tiempo eran del dominio exclusivo de las ciencias biomédicas básicas.

A pesar de la importancia que para la salud de los habitantes de nuestro país representa la prevención de enfermedades -- hereditarias, defectos congénitos y cáncer, la verdad es que no existen en la actualidad programas adecuados para el estudio -- epidemiológico de estos padecimientos, que permitan descubrir -- si hay en México algunas poblaciones con riesgos particularmente elevados o sospechar si agentes ambientales específicos son causantes de ellos. Menos frecuentes aún, son las investigaciones experimentales para determinar el potencial mutagénico, -- teratogénico y carcinogénico de los contaminantes presentes en nuestro medio ambiente. La información obtenida por ellas permitiría comparar en forma objetiva los riesgos y beneficios de su empleo, de tal modo que, en caso necesario, se buscasen -- substitutos de igual efectividad pero sin repercusiones perjudiciales a la salud.

Estas tres clases de patologías están íntimamente relacionadas entre sí, por lo que es útil considerarlas en forma global. Se señaló ya que una proporción importante de padecimientos cancerosos y de malformaciones congénitas son debidas al -- menos en parte, a defectos genéticos. Existen además otras relaciones entre estas enfermedades aparentemente dispares. Así, en los últimos 5 años se ha demostrado que la mayoría, probablemente todos, los compuestos carcinogénicos son además mutagénicos y, al menos algunos de ellos, son teratogénicos también, produciendo malformaciones congénitas en niños si sus -- madres se expusieron a ellos durante el embarazo. Tal es el caso, por ejemplo, de compuestos mercuriales que con alguna fre

cuencia contaminan el ambiente. Otras relaciones entre el cáncer y malformaciones congénitas han sido igualmente descubiertas. Niños con ciertos defectos congénitos tienen una susceptibilidad aumentada a padecer enfermedades malignas. Por ejemplo, el tumor de Wilms se presenta más frecuentemente en niños que nacen con defectos en el iris (pupila del ojo) y en las vías urinarias. Así mismo, niños con trisomía o mongolismo tienen un riesgo considerablemente mayor de padecer leucemias que niños normales. Además algunos tumores malignos son congénitos, iniciándose en la vida fetal y el niño que los padece nace ya con ellos.

Por cierto que un concepto importante, que casi siempre se olvida cuando se habla de contaminación ambiental, es que el ambiente fetal en el que vivimos durante nuestra existencia intrauterina, es una parte indisoluble de nuestro medio ambiente. Este ambiente puede ser contaminado en forma primaria como en el caso del tabaquismo materno, o bien puede estar contaminado secundariamente como resultado de la contaminación del ambiente general en el que vive la madre, por ejemplo, cuando respira -- "smog".

CAPITULO V

CONTROL DE CONTAMINANTES ATMOSFERICOS

CONTROL DE LA CONTAMINACION.

Hay casi tantas formas diferentes de controlar la contaminación, como clases de contaminantes.

De éstos, algunos se pueden dominar fácilmente, otros presentan más dificultades, y algunos resultan todavía imposibles controlarlos en forma satisfactoria.

Desgraciadamente, la fuente peor de contaminación, son los automóviles, uno de los más difíciles de controlar. A pesar de los sistemas anticontaminantes recién adoptados, el número de automóviles aumenta tan rápidamente y hay todavía tantos coches viejos sin dispositivos de control de contaminación, que aun no se logra un adelanto significativo en la solución del problema, en lo que concierne a los automóviles. Para empeorar las cosas, los mecanismos de control que instalan actualmente los fabricantes tienen que ser revisados periódicamente por un mecánico, para tener la seguridad de que todavía trabajan en forma adecuada. Muchos propietarios de automóviles quizá no se tomen la molestia de llevarlos a revisar con regularidad.

NO → Independientemente de la investigación que se desarrolla para perfeccionar el funcionamiento de los motores de combustión interna y minimizar la contaminación al máximo, se trabaja en otras formas diferentes de mover un automóvil.

Una posibilidad es el coche eléctrico, que se movería con baterías eléctricas. Un coche eléctrico es silencioso, muy fácil de manejar, barato de mantener y, lo que es más im

portante, casi no produce ningun gas de desechos. El problema de este reside en la bateria electrica. Con los tipos de pilas que se hacen hoy, un coche electrico no puede correr a más de 100 km/hr. y no puede recorrer distancias mayores de 100 km. sin tener que volver a cargar las baterias, operación que requiere horas. Las baterias ocupan mucho espacio y su peso es casi el de la mitad del automóvil.

Muchos investigadores estan intentando crear baterias más eficaces para los coches electricos, y existen algunos indicios de que van a lograrlo.

Un aparato que ofrece buenas perspectivas es la célula combustible, fuente especial de energía electrica que se -- utiliza en los programas espaciales. Una célula de combustible mezcla determinadas substancias químicas y produce energía electrica.

Otra proposición consiste en hacer un coche "Híbrido", que funcionara con baterias en las calles muy transitadas y que se moviera con un motor de gasolina en las carreteras. De esta forma no habría que cargar las baterias con tanta frecuencia.

Otra posible respuesta es el coche movido por turbina. En vez de un motor de pistones, este coche tendria uno similar al de propulsión a chorro. Para que funcione se quema gasolina, petroleo, alcohol o cualquier otro combustible. Los gases formados durante esta combustion pasan a una rueda de turbina, a la que mueven en forma semejante a un molino de viento. La turbina, al girar, mueve las ruedas del --

automóvil. Con un mecanismo tan sencillo es fácil controlar la combustión y se forman pocos contaminantes. Una gran compañía de automóviles ya ha construido y probado un coche -- así.

La dificultad principal con que se tropieza el coche de turbina es que no tiene mucha potencia, al apretar el -- acelerador, no posee el rápido aumento de la fuerza a que estamos acostumbrados en los coches actuales.

Otra proposición para sustituir el automóvil movido -- por pistones es el de la máquina de vapor.

En un motor de vapor, el combustible se quema fuera de los cilindros y se emplea solo para calentar el agua y obtener el vapor que mueve los pistones o, posiblemente, una turbina. Este tipo de motor es también más fácil de controlar que uno de combustión interna, y algunas compañías están tratando de lograr una versión moderna del automóvil de vapor.

Algunas gentes sugieren que se disminuya la contaminación debido a los coches impidiéndoles la entrada a la zona congestionada de la ciudad. Esto se haría asegurándose previamente de que el transporte público - autobuses, metro, - etc., fuera tan bueno que no hubiera necesidad de que la -- gente llevase sus coches al centro de la ciudad.

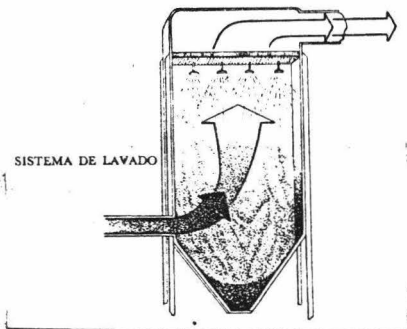
Sin embargo los ciudadanos de México están en general decididos a conducir sus coches a cualquier parte que deseen

a pesar de los embotellamientos del tránsito o de la contaminación del aire.

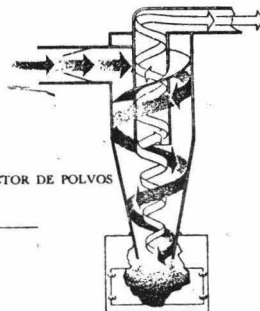
Existen también otros métodos de controlar la contaminación con partículas. Si estas son de un tamaño extremadamente pequeño, la mejor manera de limpiar la corriente de aire o gas que los acarree es hacerla pasar a una bolsa de tela que haga de filtro. La bolsa retiene las partículas y deja pasar el aire o gas, de la misma manera que una aspiradora recoge el polvo.

Si las partículas son más grandes y pesadas, un dispositivo útil para atraparlas es un extractor de polvos. Este consiste en un depósito con placas de metal en el interior que hace que el aire gire formando círculos. Como las partículas son más pesadas que el aire, caen y se recogen en la parte inferior.

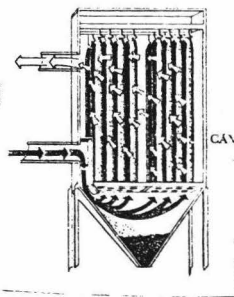
Si las partículas son de diferentes tamaños y hay un gran volumen de aire que purificar, resulta útil un precipitador electrostático. Cuando se pasa el peine por el pelo varias veces, se pueden levantar después trozos de papel, gracias a la carga electrostática del peine. Un precipitador electrostático funciona en forma muy semejante. El gas que acarrea las partículas pase entre grandes placas metálicas cargadas de electricidad. Las partículas, atraídas por las placas, se separan de la corriente de gas. De vez en cuando se limpian las placas, para que caigan las-



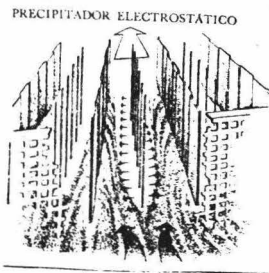
SISTEMA DE LAVADO



EXTRACTOR DE POLVOS



CÁMARA DE BOLSAS



PRECIPITADOR ELECTROSTATICO

EQUIPO DE COLECCION DE CONTAMINANTES.

partículas y se recojan abajo. Si son grandes y pegajosas, - la mejor forma de juntarlas es utilizar un lavador de gases. En este, los gases sucios pasan a través de una lluvia muy fina de agua u otro líquido.

La eliminación de contaminantes gaseosos no es tan fácil como la de partículas, a veces se puede utilizar un lavador de gases, para separar un gas contaminante de una corriente de aire, si este es soluble en la preparación química que se utiliza para lavar. Por ejemplo, los óxidos de azufre se pueden retener lavando con una solución de amoníaco.

Otra forma de deshacerse de los gases contaminantes - - consiste en quemarlos.

AUTOMOVILES.

Para el control de la emisión de contaminantes en los -
automóviles se han ideado, dispositivos, metodos para mejorar
la combustion y reformas en el combustible.

Entre los dispositivos tenemos que los sistemas más efec-
tivos para combatir la contaminación ambiental producida por-
los automóviles son:

1.- El EXHAUST DEVICE, que sirve para combatir la conta-
minación ambiental producida por el escape del automovil.

2.- El GRAN KCASE-DEVICE, que sirve para combatir la con-
taminación producida por las emisiones del carter. ~~4~~

Dispositivos para el control de las emisiones del tubo -
de escape.

El principio de estos apartatos es que modifican el - -
tiempo de ignición, retardando la chispa del encendido. Requiere
ajuste de la mezcla del motor. El consumo de gasolina au-
menta con algunos equipos y disminuye con otros de un 2 a un-
10%, pero se obtienen los siguientes beneficios.

Ya no emiten toxicos por encima de las tolerancias.

Son completamente seguros.

No hay problemas de calentamiento del motor.

El costo de mantenimiento anual es bajo.

El costo del equipo fluctua de acuerdo a la marca.

Pueden ser instalaeos por un mecánico calificado facilmente -
en una hora aproximadamente, siguiendo las instrucciones de -
instalación de dichos sistemas.

La reducción de emisión de gases contaminantes se valoran en-

la siguiente forma:

Hidrocarburos de 40 a 45.3%.

Monóxido de carbono de 20 a 29.5%.

Oxidos de Nitrogeno de 34 a 35.1%.

Los aparatos tienen una garantía por 90 días o 6000 Km.

Dispositivos para el control de las emisiones por el car
ter.

Durante el proceso de combustión en el motor de gasolina, los gases regresan por medio de pequeños escapes al carter, los cuales normalmente son emitidos fuera del motor a través del tubo que sirve para alimentar de aceite el carter.

El sistema de emisiones de contaminantes del carter controla estos gases, recogiendo los y volviendolos a circular a través del carburador, para ser quemados nuevamente. Obteniendo de esta manera una reducción en las emisiones de monóxido de carbono, de hidrocarburos y de oxidos de nitrógeno, en una forma bastante considerable.

El exhaust device, en combinación con el crankcase device, reducen en los carros nuevos y bien ajustados un 62% de los hidrocarburos y 58% de monóxido de carbono.

En los intentos efectuados para mejorar la combustión, y abatir la emisión de contaminantes, cambiando la proporción de aire a combustible, se ha obtenido que: Las condiciones óptimas para abatir la emisión de contaminantes en la cámara misma de la explosión se tienen con una relación de aire a combustible ligeramente superior a la estequiométrica, con un avance de la ignición pequeña y con un catalizador -

de oxido reducción que no deje residuos en forma de depositos y que complemente su acción, necesariamente incompleta por -- falta de tiempo en el resto del sistema de escape. Así pues, -- se necesita un catalizador que actue en la camara de explo -- sión al cual llegue como aditivo en la gasolina y que haga -- que tanto el multiple de escape, como el tubo de escape y el -- silenciador se conviertan en sistemas de retención del catali -- zador para completar el tratamiento.

Los aditivos a la gasolina deben reunir los siguientes -- requisitos:

No deben emitir residuos toxicos ni molestos.

No deben formar depositos en el interior del cilindro del mo -- tor.

No deben formar solidos

De preferencia deben formar una pelicula protectora en el -- asiento de las valvulas.

Deben ser estables en solución de gasolina.

No deben originar fallas de las bujias.

No deben modificar la naturaleza lubricante del aceite.

Se tiene la indicación de que algunos elementos de los -- llamados de transición, en forma de compuestos organometali -- cos solubles en gasolina, pueden formar estos catalizadores, -- **solos** o combinados con esterres de los acidos borico y fosfori -- co la función de los esterres es más bien de acarreadores de -- los oxidos que sirven de catalizadores para evitar su acumula -- ción en el cilindro.

Una de las reformas en el combustible que se aplica es --

Los compuestos metálicos se descomponen produciendo el hidrocarburo y el metal se deposita sobre el catalizador.

Las plantas hidrodesulfuradoras consisten básicamente de calentadores de fuego directo para suministrar el calor requerido para iniciar la reacción de una sección de reacción, intercambiadores de calor, sección de agotamiento y sección de fraccionamiento.

La eliminación del azufre de las gasolinas tiene dos ventajas desde el punto de vista de contaminación atmosférica, - al quemarse produce menor cantidad de SO_2 y contribuye a la menor necesidad de tetraetilo de plomo en los productos comerciales, debido a que los compuestos de azufre disminuyen la susceptibilidad a la acción antidetonante de este aditivo.

Pemex cuenta a la fecha con varias instalaciones para hidrotratar diferentes cortes de la destilación del petróleo, - Dentro de estos cortes se encuentran las gasolinas, las Kerosinas y el diesel que dependiendo de su procedencia tiene una diferente concentración de azufre en compuestos organosulfuros, variando dicho contenido desde 30,000 ppm hasta unos - - cuantos cientos por millón. En todos los casos, la necesidad de desulfurizar dichos combustibles es una gran responsabilidad ya que teniendo en cuenta un tratamiento secundario que se necesite dar a las gasolinas por ejemplo, las plantas que reciben dicha carga tienen otros catalizadores cuya aceptación máxima en contenido de azufre es realmente crítica. En el caso específico de gasolinas, las cuales también se requiere someterlas a un tratamiento de reformación catalítica, con

el fin de aumentarles el octanaje principalmente, éstas tienen una capacidad de aceptación de azufre en la carga máxima de 1 ppm.

Desde el punto de vista legislativo se han formulado reglamentos para controlar la contaminación de automoviles, como "El Reglamento para la prevención y control de la contaminación atmosférica, originada por la emisión de humos y polvos, que establecen en los artículos 13 y 14".

ART. 13.- Las emisiones de humo, provenientes de vehículos accionados por motores de combustión interna (ciclo otto de gasolina), no deberán durar más de diez segundos consecutivos.

ART. 14.- Las emisiones de humo, provenientes de vehículos accionados por motores de combustión interna que operan con combustible diesel (ciclo diesel), no deberán durar más de 10 seg. con capacidad igual o mayor a la correspondiente al número dos de la carta de Ringelman.

→ INDUSTRIA.

Wastashim En las Emisiones Industriales, el equipo de selección de polvo se encuentra disponible en numerosos diseños que utilizan una gran variedad de principios y criterios, dando como resultado una amplia gama de efectividad, costo inicial, costos de operación y mantenimiento, espacio, arreglo y materiales de construcción.

El tipo de emisión determinará la eficiencia de colección, la cual en cualquier caso deberá cumplir con los reglamentos correspondientes.

Las alternativas del equipo de control son las siguientes:

Filtros del tipo de bolsas.

Precipitadores electrostáticos.

Colectores en húmedo.

Colectores mecánicos.

Incineradores, absorbedores, absorbedores y condensadores.

Desde el punto de vista del proceso, es indispensable conocer las características de la corriente de gases incluyendo; volumen, temperatura, contenido de humedad, corrosividad, olor, viscosidad, presión y peligro de explosión.

Las características de las partículas que se requieren tener presente para una selección adecuada del equipo son: -- punto de ignición, distribución de tamaño, abrasividad, naturaleza higroscópica, propiedades eléctricas, carga de polvo, densidad, forma y propiedades físicas.

Es de primordial importancia analizar los recursos disponibles en la planta, tomando en cuenta el reproceso de desperdicios, manejo de materiales, restricciones de espacio, recuperación de producto, disponibilidad de agua y energía y recuperación de calor.

De las características mencionadas, las de mayor importancia y que influyen en forma notoria sobre la selección son las siguientes:

CONCENTRACION Y TAMAÑO DE PARTICULA DEL CONTAMINANTE. - Los contaminantes en sistemas de extracción cubren un amplio rango en cargas y en tamaño de partícula. El rango de concentraciones puede ir desde 0.24 has 48 ó más gramos de polvo -- por m^3 de aire. En sistemas de transporte a baja presión, el rango usual de las partículas es de 0.5 a 100 ó más micrones.

GRADO DE COLECCION REQUERIDA.- La eficiencia del colector requerida dependerá de la localización de la planta; la comparación de cantidades de materiales emitidos a la atmósfera con diferentes tipos de colección; naturaleza del contaminante y el cumplimiento de los reglamentos establecidos. En la actualidad, las plantas localizadas fuera de las ciudades deben cumplir con las mismas regulaciones que las plantas localizadas en las zonas urbanas.

La cantidad de emisión también afectará el equipo. Para una concentración dada, entre más grande sea el volumen, el equipo tendrá que ser más eficiente. En forma general se puede establecer que el equipo de colección más apropiado es -- aquel que permita el escape de la menor cantidad posible de --

contaminantes, siendo razonable la inversión inicial y su mantenimiento y que cumpla con las regulaciones oficiales.

CARACTERISTICAS DEL AIRE O DE LA CORRIENTE DEL GAS.- Las características de la corriente del gas tienen una marcada influencia sobre la selección del equipo. Con corrientes de gases que excedan a una temperatura de 80°C, por ejemplo, no se podrán usar colectores con bolsas de algodón standard; la presencia de vapor o condensación de vapor de agua causará taponamientos en los colectores de bolsas y colectores centrifugos.- La composición química puede atacar el medio filtrante o el metal en colectores secos y causar condiciones corrosivas extremas cuando se mezcle con agua en los colectores tipo húmedo.

CARACTERISTICAS DEL CONTAMINANTE.- Las características -- del contaminante también afectarán la selección del equipo. La composición química puede causar un ataque a los elementos del colector o corrosión en colectores tipo húmedo. Materiales pegajosos se pueden adherir a los elementos del colector provocando taponamientos de bolsas. La abrasividad de muchos materiales en concentraciones moderadas o altas causará rápidamente desgaste particularmente en colectores tipo seco. El tamaño de partícula y la forma deberá tomarse en consideración también; la naturaleza combustible de muchos materiales finamente divididos influenciará la selección de alguno tipos de colectores para tales productos.

MANEJO DE MATERIALES.- Los métodos de remoción y disposición de los materiales colectados variará de acuerdo con el material, el proceso, la cantidad involucrada y el diseño del co

lector. Los colectores en seco pueden descargarse continuamente o intermitentemente y transportarse a recipientes de almacenamiento. Los materiales secos pueden crear un problema secundario de polvos cuando se tiene un manejo de materiales -- adecuado.

Los colectores en húmedo pueden arreglarse para separación de material sólido y líquido en forma continua o intermitente. En colectores en húmedo se elimina el problema secundario de polvos, sin embargo se presenta el problema del manejo de lodos y de posible contaminación del agua si ésta no se -- clarifica en una forma apropiada. Las características del material también pueden provocar otros problemas adicionales. -- El empaque y compactación de materiales secos en tolvas de almacenamiento, flotación o formación de lodos característicos -- en colectores húmedos son ejemplos de problemas que pueden en -- contrarse.

EQUIPOS DE CONTROL.

COLECTORES DE POLVO DEL TIPO DE BOLSAS.- Estos equipos -- son de alta eficiencia y de un costo medio. Se usan ampliamente en la industria para una gran cantidad de aplicaciones. En ocasiones el manejo de materiales puede originar un problema -- secundario de producción de polvo.

Existe una gran variedad de medios filtrantes, ya sean -- del tipo tejido o de fieltro que se pueden adaptar a cual -- quier aplicación específica. Se cuenta con varias clases de -- equipo, pudiéndose mencionar en forma general, los de sacudi-

miento mecánico intermitente y de sacudimiento continuo a base de aire comprimido.

Los colectores de bolsas están limitados a las condiciones de aire seco para prevenir condensación sobre la superficie filtrante, siendo una limitación también la temperatura de la corriente de gases. Con materiales higroscópicos o pegajosos o materiales de muy baja densidad se deberá tener un cuidado especial para su aplicación, ya que se pueden presentar problemas de manejo de materiales principalmente. El rango de flujo a través del medio filtrante varía con el tipo de colector, la aplicación, concentración de polvo, temperatura y tipo de material. Generalmente los colectores se seleccionan de modo que la caída de presión no exceda de 150 mm de columna de agua.

▷ PRECIPITADOR ELECTROSTATICO.- El precipitador electrostático de alto voltaje en un colector que cae dentro del grupo de equipos de alta eficiencia y alto costo.

El principio de colección descansa sobre la habilidad para impartir una carga negativa a partículas en la corriente de gas provocando con ésto que se muevan y adhieran a las placas-colectoras cargadas positivamente. Las velocidades a través de este equipo son en el rango de 0.75 a 1 m/Seg. En la mayoría de los diseños, la diferencia de voltaje entre electrodos y placas es en el rango de 60,000 a 75,000. El mecanismo de limpieza puede ser por medio de raspadores, vibradores o por medio de agua, en el caso de los precipitadores electrostáticos-humedos. La caída de presión es prácticamente despreciable. El

espacio necesario es relativamente grande y el costo es alto - cuando se aplica a volúmenes menores de $1400 \text{ m}^3/\text{min}$.

▾ La eficiencia se mejora con el contenido de humedad en la corriente del aire, ya que se lleva a cabo un cambio en la propiedad dieléctrica del polvo. Cuando las concentraciones de -- polvo son altas, se recomiendan colectores primarios. ↗

COLECTORES EN HUMEDO.- Los colectores en húmedo están disponibles en diferentes diseños. Este tipo de colectores tiene la habilidad de manejar gases de alta temperatura y humedad. - La colección de polvo en una forma húmeda elimina problemas secundarios de producción de polvo por el material colectado, -- sin embargo deberá considerarse un tratamiento especial para la recuperación del sólido y reacondicionamiento del agua de lavado.

Los requerimientos de espacio son moderados y las caídas de presión y la eficiencia en la colección varían ampliamente de acuerdo con el diseño. En términos generales la eficiencia es una función de la energía total aplicada por unidad de volumen, ya sea que esta energía sea suministrada al aire o al -- agua. Esta afirmación se aplica solamente cuando la energía se utiliza en el proceso de contacto gas líquido.

Los colectores en húmedo cuentan con una habilidad inherente que es la de humidificar el gas. Este proceso de humidificación puede ser ventajoso o desventajoso, dependiendo de cada aplicación.

COLECTORES MECANICOS.- Son de los primeros utilizados en la industria, siendo sus 2 tipos básicos, el ciclón de entrada

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DE COLECTORES DE POLVO

Tipo de Equipo	Rango de eficiencia sobre partículas mayores que el tamaño medio micrones	Caída de presión mm.	LPM por 1000HCM	Espacio	Sensibilidad al cambio en volumen		Influencia de la humedad	Máxima temperatura construcción estándar
					Presión	Eficiencia		
Electrostático	0.25	12.5	-	Grande	Desprec.	Si	Mejora la eficiencia	260
Filtro de bolsas: Convencional	0.25	75-150	-	Grande	Proporc.	Desprec.	Puede hacer difícil el reacondicionamiento	80 Nota 1 80
Aire reverso Fibra de vidrio, Flujo reverso	0.25	75-200	-	Moderado	Proporc.	Desprec.		300
Lavadores: Torres empacadas	0.25	75-200		Grande	Proporc.	Desprec.		Ilimitada
Centrífugo en húmedo	1-5	40-90	650 - 1350	Grande	Proporc.	Si		
Dinámico en húmedo	1-2	60-150	400 - 1350	Moderada	Proporc.	Si	Ninguna	
Tipo orificio	1-5	Nota 2	75 - 150 1350- 5400	Pequeño	Proporc. o menos	No Varia con diseño		
Alta eficiencia: Torres empacadas Venturi	0.5-5 0.5-2	50-100 250-2500	650 - 1350 650 - 2000	Moderado Moderado	Proporc. ² Proporc.	Ligera Si	Ninguna	Nota 3 Ilimitada
Centrífugos en seco: Ciclones de baja presión	20-40	20-40	-	Grande	Proporc. ²	Si	Puede causar condensación y taponamiento	400
Centrífugos de alta eficiencia Dinámicos en seco	10-30 10-20	75-150 Nota 2	- -	Moderado Pequeño	Proporc. ² Nota 2	Si No		400 400

Nota 1: COSC basado en bolsa de algodón. Para fibras sintéticas puede usarse hasta 135°C
 Nota 2: Una función de la eficiencia mecánica de los extractores y colectores de polvo.
 Nota 3: El preenfriamiento de gases a alta temperatura será necesario para prevenir la rápida evaporación de gotas finas.

tangencial y el colector de entrada axial. Otros colectores - mecánicos son las cámaras de asentamiento gravitacional y separadores de choque. Deberá darse especial atención a la aplicación de estos equipos ya que están limitados para manejar - partículas abajo de 20 micras.

GASES Y VAPORES.

Los dispositivos usados para purificar las emisiones de gases o vapores contaminantes caen dentro de 4 clasificaciones generales.

Incineración catalítica o de flama directa.

Equipo de absorción.

Equipo de adsorción.

Condensación de vapores.

La selección de un equipo de limpieza para gases o vapores en forma similar a lo indicado para el tratamiento de corrientes de gases con polvo, deberá basarse en las características del contaminante y en las características de la corriente.

CONTROL DE CONTAMINANTES EN UNA PLANTA DE ACIDO SULFURICO.

Uno de los contaminantes más comunes en esta planta es la presencia de anhídrido sulfurico en los gases de la chimenea y es debido exclusivamente a falta de absorción. Otro contaminante es el arrastre de pequeñas gotas de ácido a la atmósfera y es debido a que la planta trabaja sobre la capacidad de diseño.

El Mist o niebla de ácido es otra forma de emisión de contaminantes a la atmósfera y es debido principalmente a las temperaturas y concentraciones inadecuadas en el ácido que circula a la torre de absorción.

La mejor forma de recuperar el Mist es con un precipitador eléctrico y cedazo con teflon.

A continuación enumera algunas de las causas de humo en las chimeneas de las plantas de ácido, y la forma de controlarlas.

1) Humedad en el gas SO_3 o aire. Deficiente secado.

Hacer pruebas para humedad de gas o aire en la salida de las torres de absorción y secado.

2) Mala distribución de ácido. Lodo en las charolas de distribución o en los tubos.

Inspeccionar visualmente con y sin ácido circulando. Los puntos de distribución no mayores de 18" de los centros, no mayor de 12" de la pared interior del cuerpo.

3) Insuficiencia de ácido recirculando a las torres.

Medir el nivel de ácido en los platos con una varilla.

Revisar el amperaje del motor de la bomba. Comparar la

temperatura del gas o el aire a la salida de las torres con la temperatura del ácido a la entrada de la torre.

Estas deberán ser aproximadamente las mismas. Revisar el aumento en la temperatura del ácido a través de las torres.

4) Canalización debido al acumulamiento de sulfato en las torres.

Determinar caídas de presión en las torres. Inspeccionar visualmente el sulfato en la parte superior del empacado de las torres. Si es necesario lavar las torres.

5) Arrastre de ácido en las torres.

Hacer la prueba de la astilla de madera en la salida de los ductos.

6) Arrastre de ácido por fugas en los tubos distribuidores o fugas en las charolas.

Inspeccionar visualmente con y sin ácido circulando. - - Observar la humedad en los tubos.

7) Arrastre de ácido por sobreflujo en las charolas.

Inspeccionar el flujo en las charolas

8) Fugas en las tuberías interiores conductoras de ácido.

Examinar visualmente las posibles fugas en los tubos interiores mientras el ácido circula a máximo flujo.

9) Atomización de ácido en la superficie superior en la charola distribuidora.

Inspeccionar visualmente la atomización en la charola de distribución puede resultar de una entrada inadecuada del ácido del tubo de distribución a la charola. El aire atrapado en el ácido de la bomba puede causar atomización cuando es liberado en la charola de distribución.

10) Asentamiento del empacado en la torre o asentamiento

del empaçado en el distribuidor de ácido debido a un inadecuado, un alto flujo de ácido o gas, o rompimiento del empaçado.

El asentamiento se detecta por una caída de presión. -- Una inspección visual en el interior de la torre mostrará un desarreglo en la distribución del empaque o un efecto "de lavado" causado al empaque al moverse y relocalizar en una forma irregular.

11) La temperatura del ácido en la torre de absorción - puede ser alta o baja.

La baja temperatura del ácido tiene más efecto en la chimenea que la alta temperatura. Normalmente el mínimo es 50°C y el máximo es 90°C para el ácido de entrada.

12) Concentraciones bajas o altas del ácido.

Determinar la concentración óptima de acuerdo a las condiciones actuales, ajustar lentamente dentro del rango de - - 98.8% a 99.4%. Aproximadamente una concentración de 99.2% es óptima.

13) Fugas de aire en la base de la chimenea.

Inspeccionar visualmente

14) Fuga de vapor en la línea de azufre en el cuerpo del quemador.

Desconectar la línea del quemador y revisar el enchaquetado.

15) Fuga en la caldera o en el economizador.

Los síntomas son un aumento considerable en el ácido condensado, goteando en el enfriador de SO_3 y en el economizador. Cuando se sospechan fugas en la caldera quitar los tapones -

del fondo e inspeccionar si hay presencia de agua.

El control de emisiones contaminadoras en las plantas químicas, como en todas las industrias en general se traduce en:

Reducción de costos y mejoramiento ambiental.

PLANTAS DE CEMENTO.

Debido a las características físicas del cemento, la forma de contaminación de su proceso de fabricación es eminentemente polvosa. Potencialmente en todos los pasos de este proceso, tiene emisiones de partículas solidas a la atmósfera.

En la producción de cemento, es de especial interés el evitar pérdidas por fugas de polvo en sus procesos, o sea que estos sean simplemente materia prima o producto.

Aunque no se puede especificar una técnica o método de control de uso general, hay determinados equipos que ofrecen más ventajas que otros para el tipo de partículas que se deben recuperar, por lo cual son preferidos en esta industria.

El problema más grave que se presenta en la fabricación de cemento, lo constituye la calcinación en el horno rotatorio de las materias primas. El control de esta fuente es de gran importancia ya que representa un porcentaje muy alto de la emisión total en una planta de cemento.

El equipo de control más comunmente empleado, es el precipitador electrostático, que por sus características puede ser usado para una amplia serie de aplicaciones, solucionando efectivamente problemas de colección hasta de las partículas más finas.

El tipo de precipitador más comunmente empleado es el de tipo plato, por sus electrodos de colección, horizontal, por la forma de manejar los gases y de proceso en seco.

Aunque el costo inicial de este equipo es más alto comparado con otros, los costos de operación y mantenimiento -- son menores, comparados con los mismos, y desde el punto de vista técnico se logran eficiencias de colección altas, aún -- para partículas del orden de las submicras. No hay un límite fundamental para obtener un grado de eficiencia de colección, y en la práctica la mayoría de las instalaciones con precipitadores electrostáticos, operan a eficiencias entre 90 a 99%, llegando algunas de estas tan altas como el 99%.

Los precipitadores normalmente son construidos de acero, tanto en su caja y tolvas como sus electrodos. En algunos -- casos, las cajas son construidas de concreto, y los electrodos, si van a estar sometidos a la acción de gases corrosivos, de -- materiales resistentes a la corrosión. El tamaño del precipitador depende básicamente de la eficiencia de la colección deseada, del volumen de gases por manejar, de su temperatura y -- contenido de la mezcla por el tipo de proceso empleado para la producción de clinker.

Las temperaturas de operación de un precipitador para los tres tipos de proceso son, en promedio, de 195°C a 295°C si el proceso es húmedo, y de 95°C a 180°C si el proceso de calcinación es semi húmedo. Cuando el proceso de producción es seco, las temperaturas del gas y polvos por colectar, serán superiores a los 350°C en precipitadores relativamente grandes, o a -- temperaturas de 90°C a 180°C en precipitadores de menor capa-

cidad con enfriamiento y humidificación previos del gas, para abatir en cierto grado la resistividad tanto de los gases como de las partículas.

El proceso de calcinación más usado en México es el tipo seco, debido a la carencia de agua en las zonas en que se encuentran establecidas, generalmente, las industrias productoras. Por lo tanto, en casi todas las plantas en las que se -- utiliza un precipitador electrostático, es común el empleo de sistemas de enfriamiento de gases por medio de agua.

Aunque este enfriamiento requiere de un consumo bastante considerable de agua, este solo representa aproximadamente un 40% de la que se consume en un proceso húmedo.

Nuevas técnicas de producción, han permitido la creación de sistemas que ofrecen un máximo aprovechamiento del calor - generado en el horno por medio de sistemas intercambiadores - de calor, tales como las torres de precalentamiento de crudo y circulación de gases del horno por los molinos de crudo.

Una instalación típica de la época actual, y que garantiza una máxima eficiencia en productividad, es la operación de torres intercambiadoras de calor, en donde la mezcla de crudos es precalentada antes de entrar al horno. La operación de esta torre, es a base de poner en contacto los gases que salen del horno con la mezcla de crudo, en unos ciclones de arreglo múltiple. Esta operación logra abatir un poco la temperatura de - los gases, a la vez de que hace la función de control primario de las partículas contenidas en ellos.

Normalmente a la salida de esta torre, los gases son llevados a una torre de enfriamiento a base de agua, en donde a -

estos gases, además de bajarles aún más su temperatura, se les humidifica para propiciar su ionización en el precipitador electrostático.

Generalmente, las partículas que se desean controlar - - tienen una resistencia específica de 10^4 a 10^{14} ohm-cm. Entre los valores de resistividad de 10^4 a 10^{11} ohm-cm.,

Las partículas no presentan mayores problemas para su -- colección, pero partículas con resistividad mayor a 10^8 ohm-cms; causan una acumulación de ellas en las superficies de los electrodos de colección y actúan como un aislante.

El operar a temperaturas relativamente bajas, representa muchas ventajas:

- 1.- Los componentes del precipitador electrostático estarán menos expuestos a efectos corrosivos.
- 2.- La resistividad de las partículas no se incrementa.
- 3.- La viscosidad del flujo de gas es menor.

De acuerdo a las gráficas de resistividad de las partículas, si hay un incremento en la temperatura, la resistividad del polvo también se incrementará. Este incremento llega a - - determinado límite, en el cual si incrementamos nuevamente la temperatura, la conductividad también aumenta y por lo tanto - la resistividad experimentará un descenso. Esto sería benéfico, si este incremento en la temperatura no fuera perjudicial para los elementos que constituyen el precipitador. Por otra parte, las altas temperaturas aumentan la viscosidad del gas, en el - cual, se encuentran suspendidas las partículas, por lo que los coeficientes de arrastre serán mayores y tendremos, menores velocidades de migración de las partículas, con lo cual, la efi-

ciencia de colección se verá afectada.

En ocasiones, no se utiliza la torre de enfriamiento y los gases se hacen pasar por el molino de crudos después de la torre de precalentamiento, en donde su temperatura es decrecientada aún más.

En este caso, es normal inyectar determinada cantidad de agua atomizada en los ductos próximos al precipitador para -- humedizar los gases y partículas.

La determinación de la eficiencia en un precipitador - - electrostático, estará basada fundamentalmente en el tamaño - del mismo y más específicamente en las áreas de los electro- dos de colección, así como de la velocidad de migración de -- las partículas.

La superficie de colección, por diseño, la podemos consi- derar como una constante, pero la velocidad de migración pue- de tener variaciones considerables. Por esto, es muy importan- te la determinación de las diferentes características de las partículas por coleccionar, como su tamaño, densidad y sobre to- do su resistividad específica, para poder elegir dentro de -- que valores de temperatura se debe operar, así como de las ve- locidades de régimen que se puedan elegir.

El precipitador electrostático es empleado comúnmente en otros procesos dentro de la producción de cemento, principal- mente en molienda de crudo, molienda de producto y enfriamien- to de clinker. En algunos casos se usan colectores de bolsas y multicyclones, aunque es baja su eficiencia.

INDUSTRIA DEL HIERRO Y EL ACERO.

En esta Industria la mayor proporción de las emisiones - la constituye el material fino que se encuentra presente en - cualquier carga, siendo su principal constituyente el óxido - de fierro, además de polvo de coque, zinc, bióxido de silicio y silicio en si.

Para su control es necesario equipo de colección de polvo, humo y gas.

La selección del tipo de colector es una decisión básica que se debe hacer procurando obtener las máximas ventajas.

Antiguamente se usaban colectores de bolsas que han sido sustituidos por colectores húmedos debido a las siguientes ven-
tajas.

- Menor inversión y costo de operación y mantenimiento.
- Capacidad de manejar gases a altas temperaturas. No son afectados por los vapores de grasas, aceites y similares que impurifican la carga.
- Utilizando la garganta o Venturi variable se tiene un -- diseño flexible que permite aumentar la eficiencia de -- colección.
- El consumo de agua es bajo relativamente cuando se tiene un sistema de recirculación adecuado; en estas condiciones, solamente se pierde el agua evaporada en el gas y - la del lodo que forman las partículas colectadas.
- Con el solo cambio del líquido lavador, que generalmente es agua, por soluciones causticas, se pueden también lavar ciertos gases indeseables tales como los óxidos de - azufre.

En los Sistemas de colección por vía húmeda la primera etapa consiste en la instalación de una "cortina hidráulica", mediante esta primera etapa se pueden alcanzar mejoras importantes en la reducción de las emisiones provenientes del horno. La cortina hidráulica lavara la ceniza y eliminara las partículas de tamaño mayor y una parte de material fino. Las eficiencias que se pueden obtener de la cortina hidráulica, son del orden de 30 a 80%, sin embargo no existen formas de predecir esta eficiencia, la cual depende de las características de la carga y sus impurezas.

La segunda etapa consiste de un Colector humedo tipo Venturi de garganta variable, acoplado al cuerpo del horno a través de un codo de toma y de un enfriador tipo orificio que enfria los gases provenientes del horno para que estos entren al colector a una temperatura conveniente. Se tiene un extractor en el lado limpio del sistema que es el que proporciona la energía necesaria para vencer la caída de presión a través del colector y los componentes del sistema; dicho extractor descarga a su vez los gases limpios a través de una chimenea al final del sistema.

En combinación con el sistema descrito para los gases, se tiene el circuito cerrado para el agua a través de un sedimentador y bombas cuya función es reducir el consumo del agua al mínimo y separar los polvos colectados en forma de un lodo.

Es posible también reducir las emisiones generadas por esta industria modificando las características de la carga y evitando ciertas impurezas que resulten difíciles de colectar.

REFINERIAS DE PETROLEO.

En este trabajo menciono en forma somera la participación de las refineries de petroleo en la contaminación ambiental, - debido al abatimiento que ha sufrido por las medidas de control; de las que mencionare algunas a continuación:

1.- Instalación de tanques con techo flotante, los que - - evitan en gran medida la pérdida, por evaporación de los hidrocarburos ligeros.

2.- Instalación de sistemas de "recuperación de vapores" - interconectados a los recipientes que frecuentemente se estan llenando y vaciando.

3.- Interconexión de líneas de "purga", especialmente en - todo aquel equipo básico en las "arrancadas" y "paradas".

4.- Adecuado sistema de valvulas de "relevo" y líneas de - "alivio" para evitar su descarga a la atmósfera.

5.- Uso de "quemadores de campo" (Flares), operados con -- inyectores de aire o de vapor para lograr el efecto de "no humo".

En general en cualquier tipo de industria es necesario lograr un control eficiente de la contaminación para evitar las - graves consecuencias que esta implica.

El control absoluto significaría incosteabilidad comercial, sin embargo existe una preocupación por el mejoramiento del ambiente, y la tecnología moderna esta contribuyendo para reducir la emisión de contaminantes.

CONCLUSIONES.

Existe una necesidad imperiosa de gente capacitada en el control de la contaminación tanto en la industria como en las universidades y el gobierno, para llevar a cabo un ataque de envergadura nacional contra la contaminación del aire, lucha que apenas esta comenzando, se necesitan especialistas en ciencias, ingenieros y técnicos adiestrados en muchos campos, física, química, biología, meteorología, medicina, ingeniería química y mecánica, así como especialistas en economía, ciencias sociales, urbanistas y administradores de empresas.

Todos ellos haran funcionar los programas de control, cada vez más numerosos, planeados por el gobierno federal. Ayudarán a hacer nuevas legislaciones para llevarse a cabo dichos programas de control. Haran investigaciones para averiguar más exactamente la forma en que la contaminación del aire afecta a la salud humana, estudiaran la atmósfera que nos rodea, para ver como viajan los contaminantes y como podemos lograr que el clima nos ayude. Manejaran las computadoras y los instrumentos y haran los analisis de laboratorio que nos indican la gravedad de nuestros problemas de contaminación. Diseñaran equipo nuevo y mejor para que la industria controle los contaminantes. Inventaran otra manera de reducir los gases de los escapes de los coches. Buscaran nuevas y diferentes formas de transporte publico que acaben definitivamente con los gases de los automóviles. Diran como planear las ciudades para evitar el problema hasta donde sea posible. Descubriran formas de deshacerse de las montañas de basura sin em-

peorar el problema de las impurezas del aire. Calcularán -- cuanto control de la contaminación podemos costear y la mejor forma de pagarla. En sí llevarán a la práctica la axioma de que "LA CIENCIA RESOLVERA LOS PROBLEMAS OCASIONADOS - POR ELLA MISMA".

El Ingeniero Químico tiene un lugar clave en el abatimiento de la contaminación, proveniente de la Industria, ya que la aplicación de las operaciones unitarias a la descontaminación de efluentes está siendo utilizada con éxito.

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

- Introducción al estudio de la contaminación en la nave espacial tierra.
Fernando Ortíz Monasterio P.
- J. W. Forrester "World Dynamics" Wright Allen Press, Inc.-
Mass. 1971.
- Teller, Aaron J., Chemical Engineering. Mc Gaw Hill Publication. (Pag. 94-95).
- Air Pollution Control Handbook.
Ralph R. Calaceto.
- Symposium on Air Pollution.
Radcliffe J. C., A.F.S.
- Air Pollution Manual.
U. S. Department of Health Education and Welfare.
- Foundry Air Pollution Control Manual.
American Foundry men's Society, des Plaines Ill.
- Contaminación ambiental, su prevención y control.
José Manuel González Díaz.
- La tierra y sus recursos.
Levi Marrero.
- Contaminación ambiental en el Japón.
Dr. Michitaka Kainoo.
- La meteorología de la contaminación ambiental.
Dr. Jitendra Dave.
- La meteorología y el ambiente urbano en la ciudad de México.
Ernesto Jáuregui Ostos.
- Estudio comparativo y evaluación de la calidad del aire en la ciudad de México.
Dr. Humberto Bravo A.

- Las maquinas de combustion interna y la contaminación del -
aire.

Ing. Francisco Bricio Ochoa.

- Emisiones de humos y polvos en las plantas de guanos y fer-
tilizantes de México, S.A.

Ing. Sergio Torres.

- Fabricas de cemento. Sus puntos de emisión y control.

Ing. Jesús García Weber.

- Experiencias en la operación de plantas de acido sulfurico.

Ing. Victor J. Aguilar
Ing. Ruben Galves H.

- Control de la emisión vehicular en motores de gasolina.

Ing. Luis Miramontes.
Ing. Jorge Mencarini Peniche.

- Eliminación de azufre en gasolinas.

Ing. Julio Lara Hidalgo.
Ing. Manuel Sánchez Rubio.

- La contaminación atmosferica en México.

Dr. Enrique Márquez Mayaudón.

- Criterio para diseño y selección de equipo de colección de-
polvo.

Ing. Roberto Araoz S.

- Colectores húmedos y sus condiciones de operación.

M. G. Bicas XII Convención Nacional del-
IMIQ. Octubre 1972.

- Influencia de la calidad de las gasolinas en la emisión de-
contaminantes.

Ing. Miguel Angel García Lara.

- Reestructuración del Transporte Urbano en el Area Metropoli-
tana del Valle de México.

Ing. Alberto de la Fuente Z.