



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

LAS CHIMENEAS COMO UN DISPOSITIVO
PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINA-
CION DEL AIRE.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
JOSE JAIME CASTRO SANCHEZ



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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

TESIS 1978

DE M. 98 86

CONA

AGE

1



LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA

A MIS PADRES: PEDRO CASTRO MORENO Y
CARMEN SANCHEZ DE CASTRO
CUYA VIDA DE SACRIFICIOS Y CARIÑO
HAN SIDO MI MAYOR ESTIMULO.

A MI HERMANO PEDRO POR SU PACIENCIA

A MI HERMANA SILVIA CON EL DESEO DE
QUE SE SUPERE.

A MIS HERMANOS:

DANIEL, OSWALDO, CARMEN
EDMUNDO, ERNESTO, GUADALUPE
CON PROFUNDO CARIÑO.

A MIS SOBRINOS:

PEDRITO, PAQUITO Y LUPITA

A MIS TIOS

A MIS PRIMOS

A MIS AMIGOS

A MIS PROFESORES

A MI ESCUELA

I N D I C E

INTRODUCCION

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA DE CONTAMINACION

CAPITULO II

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE.

- a).- Efectos nocivos a la salud.
- b).- Efectos de la Contaminación en los animales.
- c).- Daños asociados a la vegetación.

CAPITULO III

CAMBIOS METEOROLOGICOS

- a).- Efectos en el clima
- b).- Efectos de la niebla.
- c).- Efectos de la precipitación.
- d).- Efectos de la penetración en la radiación solar.
- e).- Efectos en la visibilidad.

CAPITULO IV

FUENTES DE CONTAMINACION

- a).- Fuentes móviles
- b).- Fuentes Fijas.
- c).- Fuentes Naturales.

CAPITULO V TIPOS DE CHIMENEAS

- a).- Características
- b).- Operación.

CAPITULO VI

ACCESORIOS E INSTRUMENTOS PARA LAS CHIMENEAS

CAPITULO VII

SELECCION Y APLICACION DE LAS CHIMENEAS

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFIA.

PRESIDENTE: Ramón Vilchis Zimbrosa

VOCAL: Jorge Mencarini Peniche

SECRETARIO: Alberto de la Fuente

Jurado asignado
originalmente -
según el Tema:

1er. SUPLENTE: Caritino Moreno Padilla

2o. SUPLENTE: Enrique Bravo Medina

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: Biblioteca --
de la Faculta de Química.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE: José -
Jaime Castro Sánchez

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA: -
Jorge Mencarini Peniche.

INTRODUCCION

Los peligros que representa la contaminación ambiental para la humanidad, así como las posibilidades y la inmediata necesidad de combatirla, constituye uno de los temas más importantes en nuestros tiempos.

El hombre, desde que existe, ha contribuido a la transformación y deterioro de su medio en la medida que los grupos humanos se han ido desarrollando y que la vida en sociedad se ha complicado por los adelantos de la ciencia y de la técnica, dando lugar a un desarrollo industrial y urbano desorbitado.

El problema de la contaminación ha intensificado la creación de nuevas instituciones, legislaciones y equipos para la protección del medio ambiente, abriéndose debates públicos con el fin de dar solución a este problema.

La contaminación se explica por la desmedida explosión demográfica misma que ejerce una gran presión sobre los recursos no renovables. Es una realidad que actualmente las tecnologías para la disminución y control de la contaminación están poco desarrolladas, pero sin duda en un futuro muy cercano se observarán grandes avances. La dimensión del problema de contaminación difiere según el grado de desarrollo de cada país. En los Estados Unidos con tecnología avanzada, el costo para reducir

la contaminación ambiental a niveles tolerables podría ser absorbida en un plazo no mayor de diez años sin provocar grandes alteraciones en el funcionamiento de su economía.

En un país como el nuestro, el problema es completamente diferente ya que aunque se dispusiera de estimaciones precisas respecto al costo del abatimiento de la contaminación, sería conveniente seleccionar la mejor alternativa ya que los recursos con que contamos son sumamente escasos. Por ésto, nos vemos precisados a diseñar y definir las políticas para combatir la contaminación considerando las características que nos son propias, tales como el grado de incidencia geográfica del fenómeno, investigar necesidades de recursos a corto y a largo plazo, así como la contribución que puedan hacer nuestros sistemas de ciencia y tecnología para solucionar el problema, no solo de carácter tecnológico y económico, sino también político, legislativo, de concientización de la comunidad, y en forma muy especial la de la formación de los recursos humanos bien preparados para afrontarlo. Además, el problema de la contaminación en México acusa rasgos diferentes a los que se registran en otros países en vías de desarrollo; por ejemplo en determinadas zonas del país, como el área metropolitana del Valle de México, la ciudad de Monterrey, Guadalajara y Coahuila, los niveles de contaminación alcanzados, son comparables con los de las zonas más afectadas del mundo. Al mismo tiempo la explosión demográfica en la que México registra uno de los índices más altos del mun

do, la desmedida concentración de población en determinadas ciudades del país y el desordenado crecimiento industrial, han sido factores determinantes para el deterioro de nuestro ambiente.

La complejidad de estos problemas requieren de un esfuerzo coordinado y de la responsabilidad de los organismos de gobierno y del sector privado; así como la comunidad en general, para su rápida solución.

^ Sin lugar a duda, la medida más importante que se ha tomado en nuestro país, en torno a la contaminación ambiental, es la promulgación de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental originada -- pro la Emisión de Humos y Polvos.)

CAPITULO I

DEFINICION DEL PROBLEMA DE CONTAMINACION

La contaminación del aire, se ha definido de muchas formas diferentes, sin embargo, una de las conclusiones que se puedan obtener es la siguiente: La adi ción a la atmósfera de cualquier material que tenga un efecto perjudicial en los seres vivos del planeta y que altera las condiciones normales del aire. Este material puede ser un hidrocarburo, tóxico gaseoso que tiene un efecto perdurable en los organismos que lo inhalan, o quizás una partícula irritante que pudiera ocasionar pro blemas semejantes. (Un contaminante es algo que al ser introducido a la atmósfera por alguna emisión industrial o por alguna acción de la naturaleza, reduce el conteni do de oxígeno o cambia en forma significativa la composi ción del aire.)

[La contaminación formada por las grandes canti dades de gases y partículas que se observa en muchas gran des ciudades desde hace tiempo, forma una capa que impide la penetración de las radiaciones solares vitales para el desarrollo y supervivencia del planeta. Esta capa altera los patrones de absorción del calor en la superfi cie terrestre y puede evitar la irradiación del calor de la tierra hacia la atmósfera. El resultado de este fenó meno es el efecto de invernadero, mismo que transforma el clima y los patrones de temperatura en toda la superfi cie terrestre.]

CAPITULO II

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION DEL AIRE

En nuestros días, se tienen pruebas abrumadoras de que diferentes tipos de contaminantes afectan y seguirán afectando a la vida en este planeta, contándose con evidencias médicas de los efectos nocivos que causan. Además del daño ocasionado a los seres humanos, el perjuicio es similar y en algunos casos más grave en los animales, vegetales e incluso en el clima.

EFFECTOS NOCIVOS DE LOS CONTAMINANTES A LA SALUD

Probablemente entre los diversos tipos de amenaza ambientales, la contaminación del aire es la que posee el máximo grado de probabilidades. Ya se han registrado varios casos en los que ha alcanzado niveles mortales. Uno de ellos fue en el Valle de Mosa, en Bélgica, donde cien personas enfermaron y, 63 murieron en 1930. En los Estados Unidos se presentó una situación, en 1948 cuando la niebla y una inversión térmica de bajo nivel cubrió el Valle en forma de herradura del Río Monon Gaela, en torno a la población de Donora, en Pensilvania; casi la mitad de los pobladores enfermaron y hubo veinte muertos. En Londres, durante dos semanas en diciembre de 1952, se registraron cerca de 4000 muertos, más que las que se consideraban normales para ese lapso. Londres volvió a sufrir en diciembre de 1962, cuando murieron más de 300 personas a consecuencia de los efectos de la contaminación atmosférica. Varias ciudades japonesas, y en especial Yokkaichi, han sido castigadas por ciertos tipos de niebla fotoquímica (smog), la cual produce enfermedades graves.

° Sin embargo, ejemplos ocasionales de gases y partículas letales que inundan una ciudad, no sirven para empezar a definir la magnitud del problema de contaminación. Los mayores peligros para la salud parecen provenir de la exposición constante a niveles de contaminación que no son causa de males graves directamente.

° Con excepción de los casos extremos, como los citados anteriormente, no se pueden todavía atribuir en forma individual a los efectos de la contaminación atmosférica ninguna serie de desgracias mortales. Esto se debe ante todo el hecho de que la mayoría de los efectos son sinérgicos. La contaminación del aire, es una fuerza, que unida a muchas otras de índole fisiológicas tienden a incrementar la incidencia y la gravedad de toda una serie de enfermedades pulmonares, entre ellas el cáncer en el pulmón, el enfisema, la tuberculosis, la pulmonía, la bronquitis, el asma, y aún el resfriado común.

° La preponderancia de los argumentos hace pensar que la relación entre contaminantes tales como el SO_2 , el CO, las partículas, los metales pesados y las enfermedades son reales y de dimensiones considerables. Pero no hay que minimizar las dificultades que se encuentran cuando se trata de establecer con certeza esa relación. El vínculo físico entre la frecuencia, la duración, el nivel de exposición y los efectos sobre la salud, no están plenamente determinados. Como la mala ca

0
lidad del aire es un fenómeno principalmente urbano y --
hay tantos otros factores que influyen en la mortandad --
(y la incidencia de accidentes) en zonas de la ciudad, --
que la determinación específica de causa y efecto resulta
sumamente difícil.

0 Entre otras varias complicaciones se encuentra-
el hecho de que la respuesta a la calidad adversa del ~~aire~~
aire no se distribuye de forma uniforme entre las pobla-
ciones respectivas, tanto la exposición como la suscepti-
bilidad a las condiciones adversas varían.

0 El promedio de la concentración ambiente en el
centro de la ciudad o en toda la zona urbana, no constitu-
ye ningún índice real de la combinación de grados de expo-
sición en los tres ambientes principales en que vive el --
individuo: hogar, trabajo, y transporte para ir de un lu-
gar a otro. Comparece la situación de los que residen --
en la ciudad, camina por sus calles, aspira el humo de--
los autobuses y no tiene casas con aire acondicionado, --
viaja en automóviles en las mismas condiciones y trabaja-
en edificios que también disfrutan de esta ventaja.

0 La susceptibilidad a una duración a un nivel de
terminado de concentración varía con efectos tales como --
la edad y condiciones fisiológicas de los individuos. --
Por ejemplo, el régimen alimenticio y el uso del tabaco --

0 y de las drogas influyen sobre la respuesta del organismo en la calidad de la atmósfera.

0 Aún cuando pueda establecerse el daño causado a la salud, suele ser difícil decir hasta que grado debe atribuirse a la contaminación del aire. Podría también provenir del agua o de los alimentos. Aunque el cuerpo reacciona de diferente modo ante una sustancia recibida por conductos diferentes, los efectos del daño producido en el sistema humano puede acumularse al menos en parte. De acuerdo con el grado de presión física que el medio ambiente general ejerza, el resultado puede ser en algunos casos una enfermedad aguda, en otros un mal crónico, o también alteraciones genéticas o teratológicas en el ser humano.

0 Los olores son una manifestación especialmente compleja de la contaminación atmosférica. Pueden ser sencillamente repugnantes para la mayoría de las gentes, o pueden ser incluso causas de enfermedades. Las pruebas de que disponemos actualmente hacen pensar que es imposible caracterizar la intensidad de olores sobre una base puramente analítica. Además hay otros factores de complejidad. Uno es que la percepción de olores débiles o que se desvanecen es imposible en presencia de olores fuertes. Otro, que las sensaciones de olores de intensidad parecida pueden tener efectos antagónicos cuando son simultáneas, lo cual en apariencia reduce la intensi-

dad de los componentes por separado. Este es el caso — de las fábricas de pulpa para p  pelo de estroza; donde se combinan diversos compuestos olorosos al mismo tiempo.

Las condiciones atmosféricas son factores que — también influyen en los efectos de los olores.

La velocidad del viento, su dirección, la temperatura y la humedad intervienen también. En fin parece — que muchas personas en general pueden acostumbrarse con — gran rapidez a sensaciones odor  ficas de intensidad constante, así como se habituan a las del ruido. En la medida en que esto representa más que una pérdida de la capacidad sensorial, suscita el serio problema de la actitud — con que debemos ver la adaptabilidad humana en el análisis de las cuestiones ambientales.

Los economistas estan haciendo ahora un esfuerzo serio para justipreciar el significado de los efectos de la contaminación atmosférica en la salud humana. Dos investigadores realizaron un interesante estudio, para esta — bler alguna correlación entre las diferencias en mortalidad y morbilidad en diferentes regiones geográficas, y, — los indices de contaminación del aire, teniendo también — en cuenta la diversidad de las clases sociales y densidad de población.

La relación más importante que descubrieron, fue la que existe entre la contaminación atmosférica y el índice de mortandad por bronquitis. Aunque los vínculos de la contaminación con otros padecimientos resultaron menos fuertes, sin embargo pudieron determinarse nexos significativos en el caso del cáncer pulmonar y estomacal, de los males cardíacos, del enfisema y de la mortandad infantil. Según estos cálculos, la depuración del aire hasta el nivel de que disfrutaba la zona con el aire de mejor calidad, reduciría el índice de mortandad debido a la bronquitis exclusivamente en un 40 a 70 por ciento.

En vista de la relación íntima que existe entre la contaminación atmosférica y las enfermedades respiratorias, los investigadores concluyeron que cerca del 25 por ciento de los gastos directos de estos padecimientos (gastos médicos y ganancias perdidas), podría evitarse si los niveles de contaminación bajarán aun 50 por ciento. Si los males estudiados están comprendidos en los cálculos, los ahorros en los gastos por motivos de salud, que se originarían en esa reducción del 50 por ciento habrían sumado más de dos millones de dólares en 1960. Estas cifras están calculadas en forma muy conservadora, ya que no se incluyeron todos los efectos de la contaminación sobre la salud, y los gastos médicos directos y las ganancias perdidas no representan lo que la gente estaría dispuesta a pagar para evitar los sufrimientos humanos resultantes de la enfermedad.

Además, las cifras no dicen nada sobre la sensación general de malestar e incomodidad causada por la contaminación del aire.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION EN LOS ANIMALES.-

Se puede suponer, que los contaminantes al tener un efecto perjudicial en la salud, y en la vida humana, también dañan a los animales, ya que tienen una constitución fisiológica y semejante, no son más resistentes que los seres humanos, sino que en algunos casos, son más susceptibles a los efectos de la contaminación de condiciones.

Se han llevado a cabo estudios para determinar el contenido de plomo en los cuerpos de las aves y mamíferos que habitan en las zonas urbanas y los resultados apoyan el hecho de que a los animales también les daña este tipo de contaminantes provenientes de las gasolineras que se queman en los motores.

Quizá el aspecto más importante para la vida animal sea el de usar indiscriminadamente mortales insecticidas, ya que, evidentemente, los animales pequeños tienen un nivel de tolerancia inferior a la del hombre, en lo que se refiere a estos compuestos, lo que se debe al peso total del cuerpo y al contenido de sangre.

NO Es evidente que en muchos de los casos de contaminación aguda del aire, que han resultado desastrosos para los seres humanos, han sido peores los efectos en los animales domésticos.

NO En noviembre de 1950 un accidente, hizo que durante media hora se emitieran grandes cantidades de ácido sulfhídrico en la ciudad de Poza Rica causando la hospitalización de 320 personas y 22 muertos; aproximadamente un 58% de las gallinas, patos, vacas, cerdos, perros y gatos, murieron por la intoxicación de gas, además del fallecimiento de todos los canarios.

DAÑOS ASOCIADOS A LA VEGETACION.- En los últimos años, se ha observado con mayor claridad que la contaminación afecta a la vegetación por lo menos hasta el mismo grado en que influya en la vida animal y humano.

El efecto en los vegetales por el aumento de la contaminación provocará con el tiempo la destrucción de los procesos fisiológicos de las plantas, afectando así el crecimiento, productividad y calidad. A la planta le perjudica el grado de contaminación y el permanecer en un ambiente contaminado. Cada contaminante o su combinación química tiene un determinado patrón de acción nociva, al cual deja informes gráficos sobre el nivel y tipo de con-

taminantes en esa zona.

El efecto en los vegetales pueda ser de dos formas; Daños visibles ocasionados por la frecuencia de una contaminación del aire elevada y, la destrucción de los procesos fisiológicos en los vegetales, provocados por concentraciones crónicas de contaminación del aire.

NO [Los contaminantes aéreos de los vegetales, pueden clasificarse en dos clases: Contaminantes primarios, que son mortales para las plantas, tal y como son emanados de su fuente de origen, y, los contaminantes secundarios, que se forman por reacciones químicas posteriores a su emisión.]

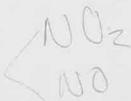
NO [Los principales contaminantes primarios son: -- Bióxido de azufre, o anhídrido sulfuroso, y el ácido fluorhídrico. Entre los secundarios se encuentran el -- ozono.]

NO El daño producido por el bióxido de azufre puede ser agudo o crónico, el primer caso se presenta cuando el contaminante es absorbido en forma rápida por la planta, y el crónico cuando la absorción es lenta y duradera aunque sea a niveles subletales. En las zonas donde existen industrias fundidoras, el nivel de concentración de este compuesto es elevado, y destruye toda la vegetación.

Los fluoruros que proceden de una gran variedad de fuentes, pero en forma predominante en la fabricación de fertilizantes fosfatados, tienen un efecto tóxico acumulativo en las plantas. El principal problema de este tipo de intoxicación es que su daño se observa incluso a concentraciones muy bajas del orden del 0.5 ppm.

(El ozono es un contaminante secundario típico, encontrándose normalmente en la atmósfera y siendo generado por las tormentas; el origen principal de las altas concentraciones de ozono en la parte inferior de la atmósfera, es la reacción fotoquímica de los óxidos de nitrógeno y de los hidrocarburos emitidos por los automóviles y la industria.)

[El bióxido de nitrógeno reacciona en presencia de la luz solar para formar óxidos nítricos con desprendimiento de oxígeno atómico, combinándose éste con el oxígeno molecular en presencia de la luz para formar ozono.]



CAPITULO III

CAMBIOS METEOROLOGICOS

En la contaminación del aire, la meteorología tiene dos aspectos muy importantes que son: Los efectos negativos que ejercen los contaminantes atmosféricos en las condiciones climatológicas y, la capacidad de la atmósfera para eliminar los contaminantes atmosféricos.

↳ EFFECTOS EN EL CLIMA.— Uno de los aspectos más importantes y aterradores de la contaminación es el efecto en el clima con relación al equilibrio del calor recibido, retenido y reflejado por la tierra, del cual depende la salud y el bienestar de los sistemas ecológicos. — Los fenómenos climatológicos como el viento, las tormentas, las nubes, la nieve, la lluvia y los cambios de energía asociados a ellos depende en gran parte del equilibrio del calor. Al agregar a la atmósfera bióxido de carbono y aerosoles se ejerce una influencia notoria en el equilibrio térmico, siendo el primero una fuente absorbidora de rayos infrarrojos, que además refleja en forma especial la longitud de onda de 12 a 18 angstroms.

Como consecuencia, un aumento en el bióxido de carbono atmosférico podría actuar como un vidrio de aumento produciéndose el efecto denominado de invernadero, lo-

que hace que la temperatura de la capa inferior aumente.

El resultado en algunos casos experimentados, - efectuados al respecto indican que un cambio de concentración de bióxido de carbono de 300 ppm a 600 ppm. corresponde un aumento en la temperatura de 2.34°C . Actualmente, se calcula que la concentración promedio existente es de 320 ppm. y que el aumento anual promedio del contenido de este compuesto en la atmosfera es de 0.7 ppm., aumento que se efectua no obstante la absorción por la biosfera y oceanos durante el proceso de fotosíntesis. [Hasta hace poco existía un equilibrio entre la emisión de bióxido de carbono y su consumo, sin embargo, este se ha alterado a causa de que las fuentes emisoras aumentan día con día. - Se ha estimado que para los principios del proximo siglo la concentración aumentará a 370 ppm, con el correspondiente aumento de la temperatura promedio mundial que se estima sea la de 0.49°C . La turbidez atmosférica es tambien un factor importante en el balance de calor del sistema atmosférico de la tierra y que, quizá tiene una mayor influencia en el clima que el aumento de bioxido de carbono.] Juega un papel importante la disminución de la temperatura que se ha observado desde 1940, teniendo como resultado el aumento del coeficiente de reflexión del planeta gracias al incremento de las particulas que ha tenido la atmosfera. El efecto neto de turbidez quizá haga ascender el coeficiente de irradiación del planeta, y descender la temperatura media del sistema tierra-atmósfera,

siendo este un efecto contrario al producido por el aumento de bióxido de carbono (efecto de escudo)

Se ha observado que la tendencia, en gran escala, del enfriamiento del hemisferio norte desde 1955 - - aproximadamente, es ocasionado por la alteración del equilibrio de radiación por las partículas finas, y este efecto ya ha invertido cualquier tendencia, aún el ascenso de la temperatura debido al incremento del bioxido de carbono. Sin embargo, no se sabe cual de los dos aspectos es el que prevalecerá, pero el peligro que corre nuestro medio ambiente es evidente.

EFFECTO DE LA NIEBLA.- Las nieblas, en el momento de su formación, tienen una densidad de 1000 nucleos de condensación/ ml. cuando esta limpia, y 70,000 al estar moderadamente contaminada.

Se ha observado que la duración de la niebla - - aumenta al incrementarse los nucleos de condensación; por eso es que las nieblas más duraderas en las zonas urbanas se encuentran relacionadas con la abundancia de nucleos de condensación que produce la niebla de gotas de menor tamaño.

Las nieblas más prolongadas disminuyen la entrada de rayos solares, dificultando la ventilación atmosférica de una región.

EFFECTOS DE LA PRECIPITACION.- Es difícil determinar la relación existente entre la contaminación del aire y la precipitación pluvial porque existen diversos factores urbanos que tienden a aumentar este fenómeno, como son: La adición de agua proveniente de procesos de combustión y procesos industriales, corrientes térmicas de tipo ascendente procedente del calentamiento local, mayor número de núcleos de condensación que hace que se formen mas nubes y núcleos adicionales, que posiblemente actúen como centros de congelamiento para partículas de niebla poco enfriadas.

No obstante, en diversas regiones se ha observado un aumento de precipitación con el incremento de la población y por consiguiente de concentración de partículas. De manera general, existen pequeños aumentos de precipitaciones en localidades que se encuentran en las rutas de los vientos dominantes procedentes de las ciudades y que la mezcla de nubes con los aerosoles es una causa de este incremento.

EFFECTOS DE LA PENETRACION EN LA RADIACION SOLAR.
La cantidad de energía solar que llega a una ciudad, es mucho menor que la que se observa en una área rural, esto

es una consecuencia de que la capa de partículas que cubre la ciudad es mucho mayor que la capa que se encuentra sobre el área rural.

[La disminución de la radiación solar por las partículas se debe a que sufren una absorción, puesto que la mayor parte de la radiación dispersada por el polvo atmosférico sigue su camino.]

[Como conclusión de esto, tenemos que la radiación solar total recibida es inversamente proporcional a la concentración de humos y de partículas suspendidas. Las radiaciones más afectadas son las ultravioletas y las que sufren menos afección son las infrarrojas.]

Un papel muy importante desempeña la radiación en el desencadenamiento de reacciones fotoquímicas, las cuales se llevan a cabo entre los contaminantes atmosféricos en presencia de radiación principalmente ultravioleta.

EFFECTOS EN LA VISIBILIDAD.— [La disminución de la visibilidad es uno de los efectos más comunes de la contaminación del aire.] Los daños causados por la disminución de la visibilidad, puedan ser de índole económica y ecológica.

La visibilidad disminuye debido a dos efectos -
 ópticos que ejercen las moléculas de los gases y aeroso -
 les en la radiación visible, estos efectos son:

- a).- Menor paso de luz del ^{*}observador como re-
 sultado de la absorción* del haz de luz in-
 cidente.

* DEL OBJETO AL OBSERVADOR
 ** ABSORCIÓN Y DISPERSIÓN

- b).- La iluminación del aire intermedio resulta
 de la dispersión de la luz, en la línea de
 visión, por las partículas y moléculas que
 se encuentran en dicha línea, lo que afec-
 ta el contraste entre el objeto y el fondo,
 haciendo que los objetos oscuros tengan -
 una sombra cada vez más clara al hacerse -
 más distantes.

(La visibilidad depende de la concentración y na
 turaleza de las partículas suspendidas, así como del volú
 men del aire en este material, que se encuentra mezclado.
 El volúmen depende a su vez de la capa de inversión y de
 la velocidad del viento, de modo que cuando más baja se -
 encuentre la base de la inversión, y menor sea la veloci-
 dad del viento, hay menor aire disponible para diluir los
 contaminantes, pero en zonas donde el viento es muy fuer-
 te, la velocidad puede disminuir debido al acarreo de pol
 vo superficial. También actúa la humedad relativa, pues

to que el tamaño de las partículas varía de acuerdo con las condiciones de humedad.]

[Ante todo esto, si le concedemos a la atmósfera un tiempo razonable, es capaz de deshacerse de los contaminantes gaseosos y partículas, pero su capacidad de autopurificación depende de varios parámetros.

1.- El viento.- Determina la conducción de contaminantes en su dirección descendente, - - así como la dilución al ser distribuidos en un volumen grande. [El volúmen ocupado por las contaminantes emitidos durante un tiempo determinado depende de la velocidad media del viento, es decir, a una velocidad del viento menor, resulta mayor la concentración de contaminantes y viscversa.]

2.- Estratificación térmica de la atmósfera - También se le conoce como gradiente vertical de temperatura y representa el fenómeno de inversión esto es, la presencia de una región en la cual la temperatura aumenta* y desempeña un papel muy importante atrapando contaminantes.]

* AUMENTA CON LA ALTURA

3.- Difusión turbulenta.- Es un mecanismo por medio del cual los contaminantes se dispersan en direcciones laterales respecto a la la del viento. Su magnitud se determina principalmente por fluctuaciones en el viento y en la temperatura, tanto en el espacio como en el tiempo.

Los contaminantes se pueden difundir siempre y cuando no haya movimientos propios del aire que tiendan a evitar esa difusión, efectuada en forma normal, en los lugares de mayor o menor contaminación, pero en condiciones anormales los lugares de mayor concentración los retienen en tanto sean más intensos los movimientos horizontales, facilitan más la difusión del tipo llamado de remolino, pero si los remolinos son grandes, que en meteorología se llaman sistemas sinópticos, de los cuales los más conocidos son los ciclones o centros de baja presión y circulan en sentido contrario a las manecillas del reloj y los anticiclones o centros de alta presión, con circulación en el mismo sentido que las manecillas del reloj.

Además de difundirse en movimientos horizontales, los cuerpos extraños en la atmósfera, tienden a difundirse en sentido vertical, si los movimientos verticales son hacia abajo, limitan la difusión hacia arriba produciendo la concentración de los niveles próximos al terreno, solamente los movimientos hacia arriba facilitan la difusión.

Los movimientos verticales hacia arriba, o hacia abajo están asociados con sistemas meteorológicos; -- las grandes desgracias ocurridas en diversas partes del mundo han estado asociadas con condiciones anticiclones.

Un factor muy importante en los movimientos -- verticales, es lo que se conoce con el nombre de estabilidad térmica que significa que en una atmósfera estable, -- no se facilitan los movimientos verticales hacia arriba y que en una atmósfera inestable propicia los movimientos -- hacia arriba dependiendo del grado de inestabilidad.

El grado de estabilidad, depende de la distribución de la temperatura con la altura. Usualmente la -- temperatura disminuye con la altura, y cuando la temperatura aumenta con la altura existe una inversión de temperatura. En una inversión de temperatura los movimientos -- verticales se suprimen ya que es una situación de estabilidad de la atmósfera; y si la inversión es cerca de la -- superficie materialmente atrapa a todos los contaminantes evitando su difusión. Estas inversiones son muy comunes en las ciudades, y sobre todo cuando hay situaciones anti ciclónicas.

Otro dato meteorológico de gran interés en el -- aspecto de la contaminación, es la lluvia, ya que mediante este fenómeno, se lava la atmósfera; es decir las --

gotas absorben parte de la contaminación y la arrastran.

CAPITULO IV

FUENTES DE CONTAMINACION

{ Para diagnosticar un problema de contaminación atmosférica, es indispensable tener un conocimiento claro de quienes son los causantes de la contaminación y de la cantidad de contaminantes que se emitan al aire. Esto exige la preparación de un inventario de emisores, y otro de emisiones. }

{ FUENTES MOVILES. - Los transportes son los causantes del mayor porcentaje de la contaminación atmosférica en las áreas urbanas de todo el mundo, y también son los causantes principales del perjudicial ruido. }

{ En E. E. U. U., para dar un ejemplo 100 millones de vehículos queman anualmente 250 millones de litros de combustible y, arrojan un increíble número de toneladas de monóxido de dióxido de carbono y de hidrocarburos. Según la EPA, las fuentes móviles causaron el 60% de la contaminación atmosférica en 1970, suma que llegó al 80% en algunas áreas urbanas. }

{ Analizando las causas de esta contaminación tenemos:

[Procesos de combustión y explosión en vehículos automotores; desarrollo industrial, mayor producción de vehículos automotores; incremento de población; mayor demanda de vehículos; incremento de la urbanización, más afección por vehículos, así como menos difusión de contaminantes.

[El crecimiento urbano desmedido sobre una estructura vial deficiente, origina un tránsito lento y con gestionamiento, que provoca situaciones de "paro y marcha" continuas de los vehículos, condición que propicia mayor cantidad de emisiones.]

[Las emisiones vehiculares, se originan de tres fuentes:

- 1.- Gases provenientes del carter.
- 2.- Gases provenientes del escape.
- 3.- Vapores de gasolina producidos en el tanque de combustible y en el carburador.]

[Tomando en cuenta la gran importancia que tienen las emisiones vehiculares, en la contaminación del aire, la Secretaría de Industria y Comercio en coordinación con la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, -

han tomado las medidas necesarias para reducir las emisiones contaminantes de los vehículos nuevos de producción nacional. El sistema de ventilación cerrada del carter se incorpora a partir del ejercicio automotriz de 1971; - el cual consiste fundamentalmente en recolector los gases que escapan a través de los pistones, dirigiendolos a la cámara de combustión para ser quemados.

Posteriormente, para los modelos 1972, se incorporó el sistema de control para emisiones evaporativas, que consiste fundamentalmente en coleccionar los vapores de gasolina, los cuales se envían al motor, pasando por un filtro de carbón activado, en donde son almacenados temporalmente hasta que el motor se pone en marcha.

Los lineamientos de control que deberá seguir la industria automotriz para reducir progresivamente las emisiones del escape en los vehículos fabricados en México, se han ido desarrollando, aprovechando los avances tecnológicos que en esta materia se llevan a cabo en países de mayor potencial. Así por ejemplo tenemos que para los autos compactos japoneses y europeos, colocaron dispositivos de apertura en la válvula de compuerta del carburador, un corrector altimétrico, y un regulador de la velocidad de relenti, y otro dispositivo amortiguador en la válvula de compuerta del carburador.

[Los autos coupés o americanos, controlan sus emisiones de hidrocarburos (HC) y de monóxido de carbono (CO) a través de un sistema de ventilación positiva del carter, y un sistema de control de la combustión, de un sistema combinado de emisiones, de un sistema de inyección del aire al carburador y de un sistema de control de evaporaciones.]

FUENTES DE CONTAMINACION NATURAL

FUENTES DE CONTAMINACION:

CONTAMINANTES

Fenómeno Volcánicos	SO ₂ , Partículas inorgánicas
Fenómenos Meteorológicos (vientos, ciclones, anticiclones)	como polvo y gases de combustión ^{combustión} Partículas solidas.
Putrefacción	Olores fétidos
Descomposición de Plantas	Gases orgánicos.

La importancia de conocer los índices de contaminación natural, es vital, ya que ello constituirá el fondo al cual se agregarán los diversos contaminantes producidos por el hombre. Cuando estos niveles son muy alto, es indispensable adoptar medidas adecuadas, tales como

campañas de forestación, formación de pastizales y otras actividades destinadas a reducir estos niveles.

FUENTES FIJAS.- Son las fuentes industriales y domésticas las que emiten algún tipo de contaminante, pero localizadas siempre en el mismo lugar.

Teniendo ciertos conocimientos básicos del problema de contaminación para cualquier tipo de industria, nos será mas sencilla la solución de dichos problemas, por esta razón se deberá realizar un estudio lo mas completo posible tanto del proceso, como de las operaciones generadoras de contaminantes; así como de las materias primas, productos intermedios, de producto terminado y de sechos, con sus características físicas, químicas y biológicas, determinando cuales son los contaminantes y la gravedad de los mismos. De esta forma se podrá localizar las fallas durante el proceso, que en muchas ocasiones son las causas de problemas complejos de contaminación.

[Las industrias con mayores problemas por emisiones de contaminantes atmosféricos son:

Industria Minerometalurgica
Industria de pulpa, Celulosa y Papél.
Industria del Cemento y Similares.
Industria del Azúcar.
Industria de Pinturas y Barnices
Industria de Productos Alimenticios
Industria Textil.
Industria de Productos de Madera
Industria Química.
Industria Petrolera.

La mayoría de las industrias que descargan algún tipo de contaminante a la atmósfera, lo hacen a través de una chimenea, para esparcirlos sobre una área más amplia y a favor del viento, y así reducir las concentraciones a nivel del suelo.

CAPITULO V

TIPOS DE CHIMENEAS CARACTERISTICAS U OPERACION

Aún cuando se utilicen los equipos de control más sofisticados, siempre permanecerán pequeñas cantidades de contaminantes, las cuales no son captadas por los dispositivos ó equipos de control. Estos contaminantes son dispersados en la atmósfera a través de una chimenea. Esta descarga de contaminantes debe de ser en un punto lo suficientemente alto, para que sean dispersados en una zona lo más amplia posible. Con esta técnica se mantienen los parámetros máximos permisibles a nivel del suelo, de olores y gases. Las chimeneas también pueden dispersar partículas, pero para esto, deberán tener una altura considerable en comparación con las que se requieren para la dilución de gases.)

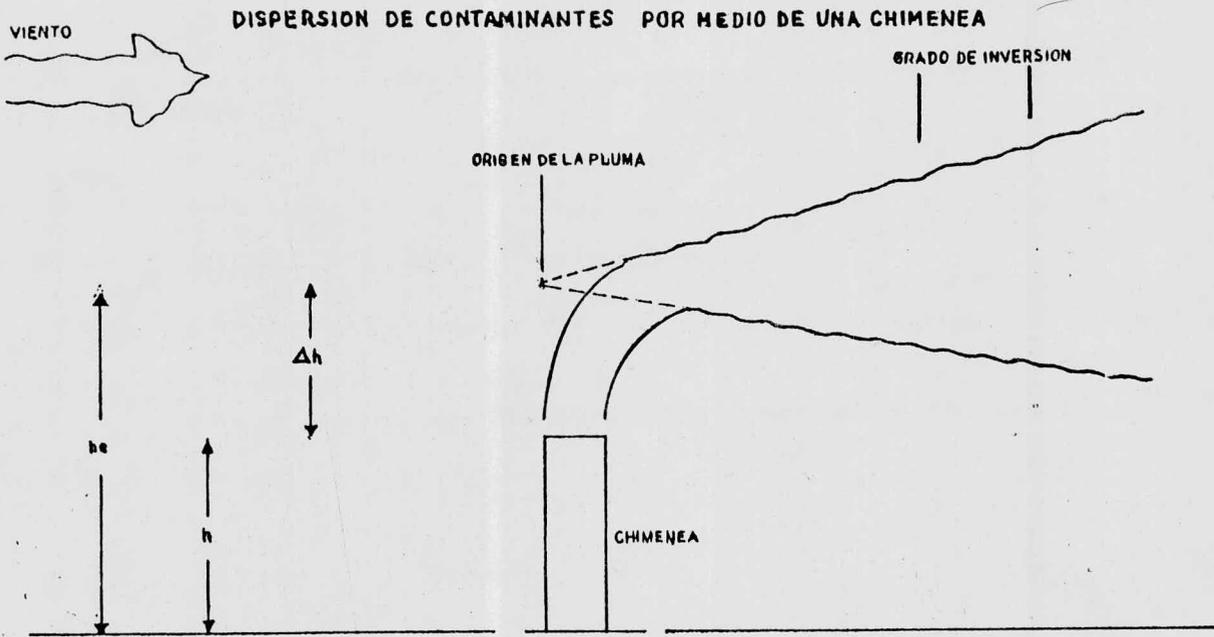
Por consiguiente, las chimeneas son el mejor suplemento de los equipos de control, y en algunos casos pueden controlar por si solas olores y otro tipo de contaminantes a concentraciones bajas.

TIPOS DE CHIMENEAS.— Históricamente la función básica de las chimeneas fue la de proporcionar un tiro a los productos de la combustión.

Las chimeneas altas se diseñan individualmente. Las chimeneas de diámetro pequeño están usualmente disponibles en secciones de 1.5 a 2.5m; y se van uniendohasta obtener la altura deseada.

(Las chimeneas se calculan para que cumplan con los dos requisitos siguientes (1) que los contaminantes sean dispersados adecuadamente y (2) que el contaminante no vuelva a entrar a la nave, bajo las condiciones previstas del viento.)

En la figura I, se muestran los factores que incluyen en la dispersión de los contaminantes, vapor y por lo tanto la concentración premisible a nivel del suelo es ta dada por la ecuación (A)



DONDE h ES LA ALTURA REAL DE LA CHIMENEA
 Y h_e ES LA ALTURA DE LA PLUMA O ALTURA EFECTIVA DE LA CHIMENEA

FIG 1

Conc sobre el nivel del suelo=

$$\frac{\text{conc. del contaminante en la emisión}}{(H_e)} \quad (R)$$

(velocidad del viento)

Donde h_e es la altura de la pluma o altura efectiva de la chimenea.

ALTURA EFECTIVA DE LA CHIMENEA.- La altura de la chimenea y la altura de elevación de la pluma de humo arriba de la chimenea, juegan un papel importante respecto a la contracción esperada a nivel del suelo, cuando se tiene el viento a favor. La altura real de la chimenea (h) es fácil de determinar. La altura efectiva de la chimenea (h_e), es la altura total, incluyendo la altura que alcanza la pluma de humo, esta es difícil de determinar con un buen grado de precisión.

La elevación de la pluma arriba de la chimenea (h_e) es consecuencia de dos factores: de la velocidad de salida y de la flotabilidad térmica. No hay información suficiente sobre la altura de la pluma; sin embargo, existen teorías y ecuaciones para obtener dichos datos.

Actualmente hay por lo menos veinte formulas -

para calcular la elevación de la pluma de una chimenea. -- Así por ejemplo tenemos la ecuación de Holland; para llegar a esta ecuación fue necesario llevar a cabo 137 observaciones en tres chimeneas con alturas de 48,54 y 60 metros cada una.

Esta formula para condiciones promedio es:

$$\Delta H = \frac{1.5 V_{sd} \sqrt{d}}{u} = 4.09 \times 10^{+5} \frac{Q_h}{u^2} \quad (B)$$

donde:

ΔH = altura de la pluma arriba de la chimenea (m)

V_s = Velocidad de salida del gas (m/seg)

u = velocidad del viento (m/seg)

d = diametro de la chimenea a la salida (m)

Q_h = exceso de calor en el gas de la chimenea (cal/seg)

$$Q_h = Q_m C_p (t_s - t_a) \quad (C)$$

Q_m = flujo de masa emitida. (gr/seg)

C_p = calor específico de los gases de chimenea a presión constante (cal/gr - °C) = 0.24 para el aire.

t_s = temperatura del gas de chimenea (°C)

t_a = temperatura ambiente (OC)

Holland recomienda que para aplicar la formula desarrollada por el, dar los siguientes factores de seguridad a los resultados que de ella se obtengan:

Reducción del 10 al 20% para condiciones estables, aumento del 10 al 20% para condiciones inestables.

Las temperaturas, velocidades y el diametro de la chimenea pueden calcularse con relativa facilidad. La velocidad de salida en la chimenea (para aire) puede calcularse por medio de la formula:

$$V_s = \frac{0.436 Q_{mts}}{2359.6 d^2} = \frac{0.145 Q_{mts}}{929 d^2} \quad (D)$$

donde:

V_s = velocidad de tiro de la chimenea (cm/seg)

Q_m = flujo de masa emitido (Kg/seg)

P = Presión atmosférica (cm/Hg)

d = diametro de la chimenea (m)

t_s = temperatura de los gases de chimenea. (ok)

Para condiciones inestables. Thomas modificó la acuación de Holland duplicando el coeficiente de exceso de calor de 4.0 X a 8.0×10^{-5} . Con esto, la altura de la pluma calculada con la ecuación de Holland modificada, debería aumentar de 10 a 25 por ciento para condiciones inestables y decrecer en la misma proporción para condiciones estables. Esto viene a comprobar los factores de seguridad recomienda dos por Holland.

En la actualidad se esta trabajando para calcular la altura aceptable de una chimenea por medio de computadoras, para diferentes condiciones y para la dirección y grado de precipitación de los contaminantes en condiciones meteorológicas especificadas.

DISPERSION DE LOS CONTAMINANTES.- La dispersión de los contaminantes en la atmósfera, depende de dos factores primordiales: El promedio de la velocidad del viento y las características de la turbulencia atmosférica. Obviamente, al aumentar la velocidad del viento la dispersión es mayor, y, por lo tanto menor la concentración de los contaminantes.)

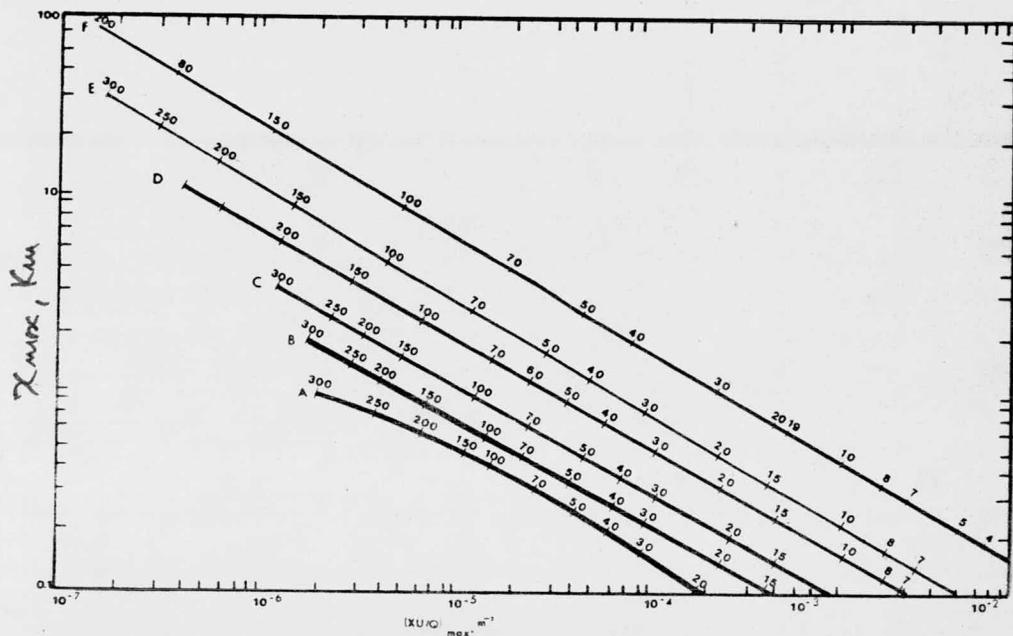
El factor de turbulencia atmosférica consta de remolinos horizontales y verticales que mezclan el aire contaminado con el aire limpio que lo rodea. La turbulencia disminuye la concentración de contaminantes en la columna de humo, y aumenta la concentración fuera de esta.- Por lo tanto, cuanto mayor sea la turbulencia y más fuerte el viento, más se dispersarán los contaminantes. (ver fig. 3).

La turbulencia aumenta con la velocidad del viento y con las corrientes de convección. Estas tienen lugar cuando disminuya rápidamente la temperatura con la altura; es decir, cuando el gradiente adiabático es mayor-

de un grado centígrado por cada cien metros. Aumentando, hay turbulencia mecánica cuando cambia la velocidad del viento y cuando la dirección varía con la altura. Por ejemplo, si no hay viento a nivel del suelo, y no la hay tampoco a 31 m. la turbulencia mecánica contribuirá con la dispersión de los contaminantes. La topografía también influye en la turbulencia generada. Generalmente este es mayor en un terreno desigual que en uno plano, como se pueda comprobar cuando se hace volar un aeroplano sobre una montaña, en comparación con un desierto.)

La concentración a nivel del suelo se puede calcular por medio de la grafica de la figura 2 desarrollada por D. B. turner en 1970, conociendo las condiciones atmosféricas reinantes en la zona y la altura (h) de la chimenea.

PARAMETROS LEGALES.- En algunas agencias en los E. E. U. U. encargadas de emitir leyes para el tratamiento del aire contaminado, han establecido como parte de los parametros de emisión, la altura de las chimeneas. En las tablas (1) y (2) se muestran algunas ilustraciones de tales regulaciones que se aplican en los códigos locales.



GRAFICA DE D.B. TURNER

Concentración máxima a nivel del suelo y su distancia de --
 presentación. Las letras indican los tipos de estabilidades--
 atmosféricas; los números indican las alturas efectivas de --
 las chimeneas.

Tipos de Estabilidades:

Tipo A= Fuerte incidencia de radiación solar.

Tipo B= Moderada incidencia de radiación solar.

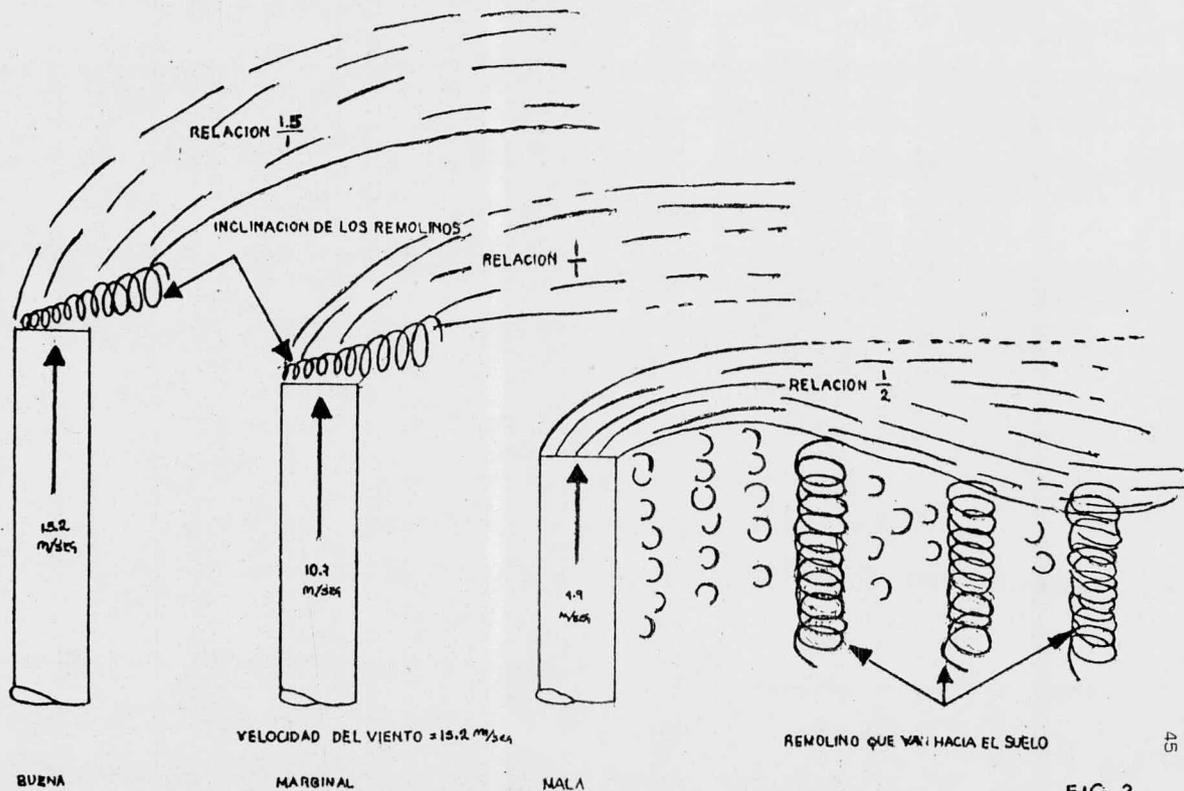
Tipo C= Ligera incidencia de radiación solar.

Tipo D= Estabilidad neutra.

Tipo E= Noche ligeramente nublada.

Tipo F= Noche nublada.

FLUJO DE AIRE SOBRE CHIMENEAS



45

FIG 3

REGRESO DE LOS CONTAMINANTES QUE SALEN POR LA CHIMENEA A LA NAVE.- Generalmente una chimenea que cumple con los parámetros de contaminación ambiental a nivel del suelo, es poco probable de que los gases de salida regresean a la nave. Sin embargo, en algunos casos debido a la forma del edificio, topografía y estructuras adyacentes, se deben de realizar extensos análisis por computadoras, pruebas de tunel de viento para diseñar una chimenea en estas condiciones, para que los contaminantes no regresen a la nave.

Las descargas y los equipos de descarga no deben de estar encerrados por razones de estéticas en la construcción porque con ello tienden a atrapar los contaminantes y a aumentar el peligro de el reingreso de la descarga.

Las chimeneas deben de diseñarse y colocarse para una operación segura en todo tiempo.

Se requiere el conocimiento de la conducta del flujo de aire, alrededor de los edificios, para hacer un diseño adecuado.

En la figura (4) se ilustra como el flujo de aire sobre los edificios crea una zona de presión posi-

va en la parte de corriente arriba y una zona de presión negativa (una cavidad) en el techo en la parte de corriente abajo.

La altura de la cavidad en el techo es máxima cuando el viento es perpendicular a la corriente arriba. Esta es la condición básica del diseño. La prueba del túnel del viento ha mostrado que para flujo perpendicular la altura de la cavidad para una estructura cúbica deberá ser de $1/2$ veces la altura de la estructura (1.5 H.). Una estructura alta del mismo ancho, no aumentará la altura de la cavidad sobre el techo, sino que un edificio más ancho de la misma altura hará que las dimensiones de la cavidad sean mayores (debido a que la interferencia al flujo del viento es mayor).

La altura de la zona de contorno (2.5 H), es aquella altura arriba del edificio donde no hay desplazamiento adicional al flujo del aire. La descarga arriba de la zona de contorno (S_3 de la figura 4) es vital para la altura de la emisión, para afluentes altamente tóxicos y para descarga molestas, como las de mercaptanos, las cuales son de olor desagradable aún a concentraciones bajas.

El tamaño y la forma de la zona de contorno de un edificio, y las cavidades no cambian apreciablemente con los cambios de la velocidad del viento, sino que las presiones provocan el cambio en estas zonas.

T A B L A IALTURA DE CHIMENEAS PARA PLANTAS DE ACIDO NITRICO

VOLUMEN DE GAS A M ³ /min. STD	ALTURA EFECTIVA M	ALTURA DE LA PLUMA DE M	ALTURA BASICA DE LA CHIMENEA EN M
396.00	62.48	8.20	54.86
792.00	87.47	11.88	76.20
1182.00	107.6	14.35	91.44
1585.00	125.57	16.76	106.6
2378.00	142.6	20.72	121.92

T A B L A I IALTURA DE CHIMENEA PARA PLANTAS DE CEMENTO

GASTO DE ESCORIA DE
CEMENTO tons/ Hrs.

ALTURA DE CHIMENEA M

		PROCESO HUMEDO	PROCESO SEMI-SECO.	PROCESO SECO
30	ó menos	61.00	61.00	61.00
60		85.34	78.72	73.15
90		163.63	93.68	85.34
120		118.87	106.68	94.48
240		152.40	140.20	126.49
360		167.60	152.40	137.16

FLUJO DE AIRE ALREDEDOR DE EDIFICIOS

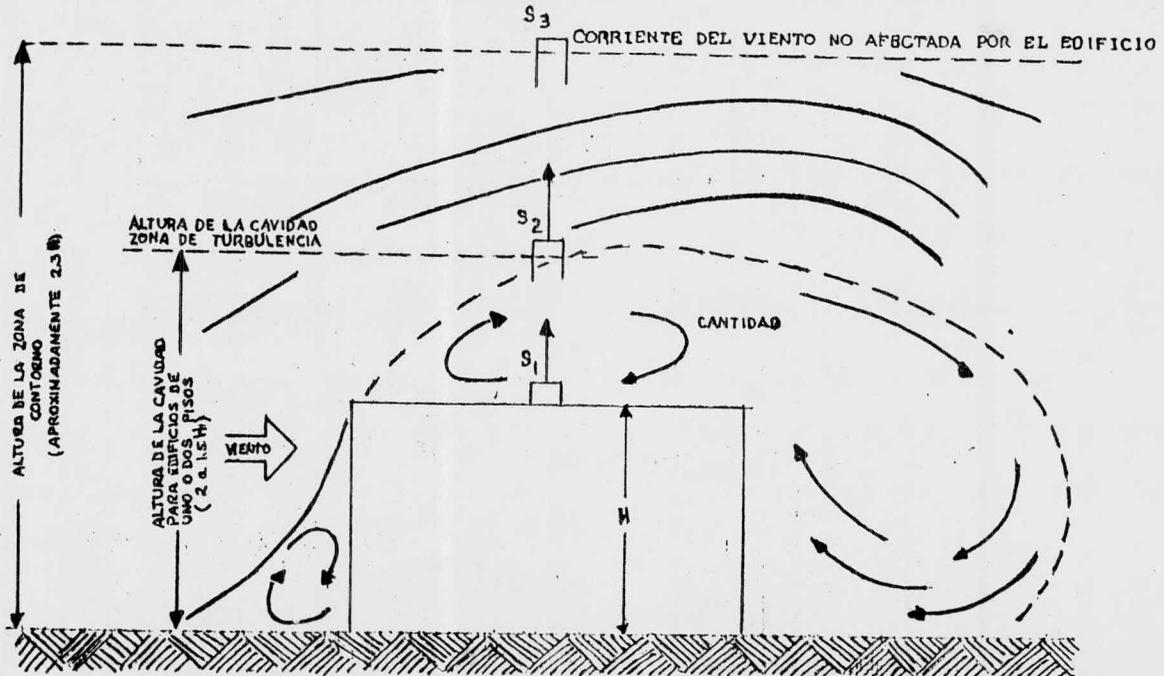


FIG 4

La topografía y las estructuras próximas pueden perturbar el contorno del flujo de aire alrededor del edificio y crear condiciones desfavorables de descarga. Los contaminantes emitidos a nivel del techo (S_1 de la fig. 4) se expanden sobre todo el edificio y reingresan a este por los lados.

Las descargas en la zona de la cavidad (S_2 fig. 4), dan también como resultado una dispersión pobre.

VELOCIDAD DE SALIDAS EN LAS CHIMENEAS.— La velocidad del viento sobre las chimeneas crea una zona de presión negativa y de turbulencia de la misma forma que lo hace el flujo de aire alrededor de los edificios. (fig. 4). Las velocidades de descarga bajas permiten que los gases de escape sean expulsados de la zona de turbulencia y causar una deficiencia en la corriente de aire. Esto reduce la altura efectiva de la chimenea y puede causar que el efluente reingrese a la nave, aún cuando la descarga sea alta.

Para una velocidad del viento dada, una chimenea debe ser mayor a 1.5 veces esta, para permitir que la descarga sea suspendida limpiamente y para eliminar la deflacción de la corriente de aire. Para propósitos de diseño, se debe de determinar la velocidad del viento máxima local y la velocidad máxima de salida de los gases de

la chimenea debe seleccionarse proporcionalmente (ver tabla 3)

Las velocidades de salida altas, dan una altura de pluma mayor y, por lo tanto, puede ser un medio para reducir la altura de la chimenea y, así reducir los costos de instalación de esta; un aumento en la velocidad, incrementará la caída de presión y, por lo tanto aumentará la potencia del ventilador; en este caso, habría que hacer un análisis entre los costos de capital y los costos de operación.

En chimeneas con forro de acero, la velocidad de salida puede ser mayor a 1830 m/min. En chimeneas de mampostería se pueden alcanzar también tales velocidades, pero se puede dañar la chimenea, debido a las vibraciones cerca de la parte superior.

Si la velocidad de descarga del gas es inferior a la velocidad de diseño, puede ocurrir una deflexión de los contaminantes. La velocidad máxima límite es de 2200 m/min., para chimeneas de mampostería y, de 2800 m/min. para chimeneas de acero.

Cuando una chimenea maneja descargas de más de

un grupo de equipos, las variaciones en el volumen de descarga debido al paro de trabajo es substancial. En ta - les casos se pueden usar chimeneas por separado. Si las - variaciones en el flujo, son debidas a un cambio en el - proceso, se puede usar una compensación de aire. Si la - chimenea se diseña para una capacidad futura, se puede - usar una boquilla en la parte superior, para aumentar la - velocidad de salida.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO.- Las chimeneas pe - queñas son fabricadas de acero, o de acero con refracta - rio. Estas no son de construcción complicada, debido a - que se usan tirantes para asegurar su estabilidad.

En chimeneas altas (fig. 5), la cubierta se diseña para soportar la temperatura y la corrosión de los - gases de escape, mientras que la columna exterior protege; y algunas veces soporta la cubierta.

CUBIERTAS.- Las cubiertas pueden estar hechas - de acero y/o mampostería. Una cubierta de acero es impe - netrable y es más resistente a los temblores y vibracio - nes que la de mampostería; por lo tanto su precio es ma - yor, y los requerimientos de temperatura de los gases de - salida deben de ser arriba del punto de rocío de los constituyentes corrosivos de los gases de escape. Cuando se - usan cubiertas de acero, la parte superior del forro apro

T A B L A I I I

VELOCIDADES DE SALIDA RECOMENDADAS PARA
CHIMENEAS.

VELOCIDAD DEL VIENTO
En Km/Hg ,

VELOCIDAD DE SALIDA MINIMA
PARA CHIMENEAS EN M/ min.

16.00	395.24
24.13	609.00
32.18	792.48
40.23	1005.84
48.27	1219.20

ximadamente de 6 a 15 m esta hecha de acero inoxidable, - mientras que el resto es de acero al carbón con aleación de cobre.

Las cubiertas de mampostería son más comunes * usadas en la industria química. Se usan ladrillos resistentes al ácido y que puedan soportar un ataque químico; - la temperatura de los gases de salida no es necesario que se mantengan arriba del punto de rocío de los gases corrosivos.

Las cubiertas pueden ser construidas para soportar temperaturas superiores a 1100°C. Se necesita una temperatura mínima de 65°C para obtener un tiro natural - y una protección para la corrosión para una temperatura - arriba del punto de rocío de los componentes corrosivos - en los gases de salida.

Se puede utilizar ladrillo de grafico en algunas chimeneas. Se usan también cubiertas de plástico, - las cuales se estan investigando y probablemente su uso - se generalice pronto para aplicaciones a baja temperatura. También se han utilizado chimeneas de plástico, pero el - fenómeno de corrosión por ácidos es un problema, al menos que la cubierta sea la adecuada.

Cuando más de una afluyente entre a una sola ---

* LAS MAS COMUNMENTE

CONSTRUCCION DE UNA CHIMENEA ALTA

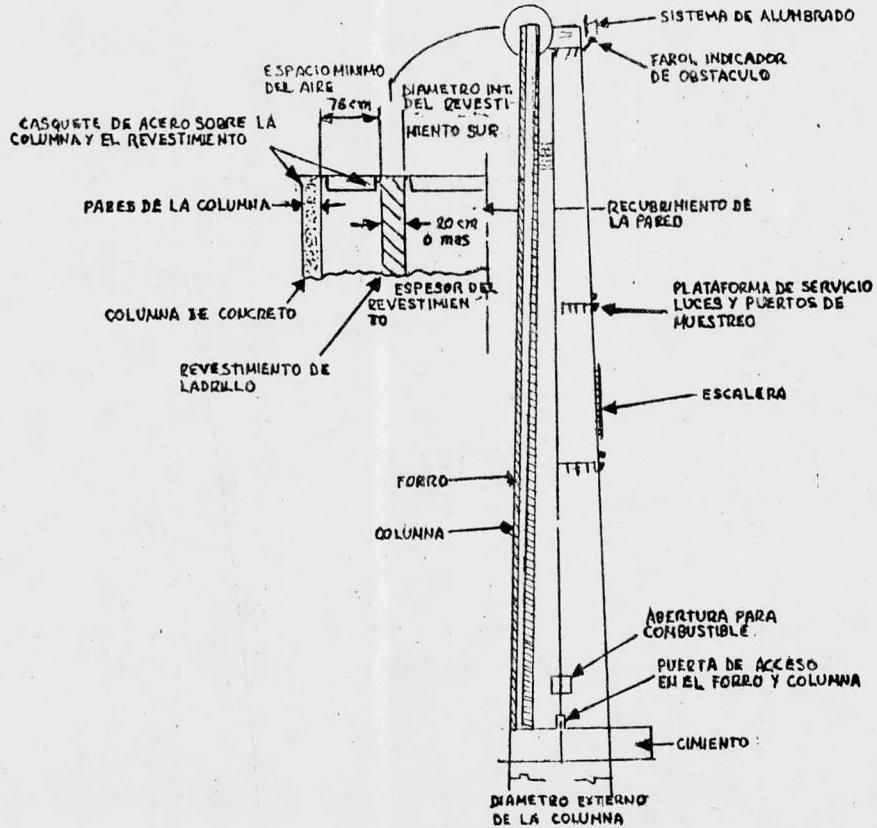


FIG 5

chimenea, el ángulo entre ellas no debe ser mayor a 120 - grados; y el ancho de la cubierta del tubo de la chimenea debe ser menor a la mitad del diámetro interior del forro.]

FORMAS DE LAS CHIMENEAS.- La mejor forma de - las chimeneas es la de un cilindro recto. Se pueden - - usar de cono convergente en la parte superior, para aumen - tar la velocidad de salida.

Las chimeneas deben de colocarse en el techo - más alto del edificio y debe de ser lo suficientemente al ta y que sobresalga a todos los edificios cercanos. Los - capuchones no deben de desviar la salida de la descarga - y no debe de haber otras interferencias para las velocida des altas de descarga.

[Con la tendencia que existe en los reglamentos a ser cada día más estrictos para el control de la conta - minación del aire, se incrementará el uso de la disper - sión como un medio para desalojar los gases tóxicos u - - otros contaminantes. Por lo tanto las chimeneas se usaran como un complemento, y en algunos casos serán usadas como un sistema para abatir la contaminación del aire.]

A continuación se presenta un ejemplo del cal - culo de la altura efectiva de una chimenea y de la concen

tracción máxima que se obtendrá a nivel del suelo y la distancia a la cual se presentará esta bajo determinadas condiciones atmosféricas.

Problema:

Una central de energía quema 200 toneladas diarias de carbón (antracita). Calcular la altura efectiva de la chimenea, así como la contracción máxima a nivel del suelo de bioxido de azufre, y la distancia a la cual se presentará, si suponemos que en la zona existen dos tipos de estabilidades atmosféricas y que el equipo esta trabajando a la capacidad a la que fue diseñado.

DATOS:

Temperatura del gas de escape	(t_s)	= 231°C
Temperatura ambiente	(t_a)	= 22°C
Altura de la chimenea	(h)	= 38 ^m
Diametro de la chimenea	(d)	= 3.0m
Velocidad de salida de gases	(V_s)	= 9.5 m/seg.
% de azufre en el carbón		= 1.18
factor de emisión.		19(s)

3.- Calculo de la altura efectiva de la chimenea; por medio de la formula de Holland (ecuación B), calculamos la altura de la pluma.

$$H = \frac{1.5Vsd = 4.09 \times 10^5 Qh}{u}$$

siendo u la velocidad del viento

∴ para la estabilidad A

$$H = \frac{1.5 \times 9.5 \frac{M}{seg} \times 3.0 m + 4.09 \times 10^5 \times 2603.0}{6.12 m/seg}$$

$$H = 7.0 m$$

$$\text{altura efectiva } h_e = h + H$$

$$\begin{aligned} \therefore ha &= 38 + 7 \\ ha &= 45.0 m \end{aligned}$$

4.- Calculo de la concentración maxima a nivel del suelo, y distancia de presentación:

Utilizando la grafica de la figura 2 tenemos -
que para una $h_a = 45$ m y una estabilidad A

$$\frac{X_m}{Q_m} = 7.0 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \quad \text{A } 150 \text{ m.}$$

Despejando X concentración maxima a nivel del
suelo

$$X = \frac{7.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2} \times 51.9 \frac{\text{g}}{\text{seg}} \times 10 \text{ Mg/g}}{6.12 \text{ m/seg}}$$

$$\therefore X = 593.6 \text{ mg/m}^3$$

RESULTADOS

Concentración maxima a nivel del suelo $X = 593.6$
 mg/m^3

Distancia de presentación = 150 m

Altura efectiva de chimenea = 45 m

Para el caso de la estabilidad F, se procede -
igual que para la estabilidad B

$$H = \frac{1.5 \times 9.5 \frac{\text{m}}{\text{seg.}} \times 30 \text{ m} + 4.09 \times 10^{-5} \times 2603.0}{9.18 \text{ m/seg}}$$

$$\Delta H_{1+} = 4.66 \text{ m}$$

$$h_e = 38 + 4.66 = 42.66 \text{ m}$$

Utilizando la grafica de la figura 2 tenemos
que para una $h_e = 42.66 \text{ m}$ y una estabilidad f

$$\frac{X u}{Q m} = 3.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2} \quad \text{A 17} \quad 3 \text{ Km}$$

Despejando X

$$X = \frac{3.0 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2} \times 51.9 \frac{\text{g}}{\text{seg}} \times 10^6 \text{ mg/gr.}}{9.18 \text{ m/seg.}}$$

$$X = 169.6 \text{ mg/m}^3$$

Resultados:

Concentración máxima a nivel de suelo $X = 169.6$
 mg/m^3 .

Distancia de presentación 3 Km

Altura efectiva de la chimenea 42.66 m.

Comparando los resultados obtenidos, con la norma americana de calidad del aire, la cual indica que solo permite una concentración de dióxido de azufre de 1310mg/m^3 durante una hora, se ve que las emisiones de las chimenea para las dos estabilidades están dentro de el parametro - que señala esta norma:

En el supuesto caso de que los resultados obtenidos estuvieran fuera de esta norma, se tendría que hacer un estudio técnico-económico para seleccionar la mejor manera de cumplir con las normas de calidad del aire-existent. Se podrían estudiar las siguientes posibilidades:

1.- Reducir el diametro de la chimenea.- Con esto aumenta la velocidad de salida de los gases, y conse consecuentemente aumenta la altura de la pluma; pero también se incrementan las pérdidas por fricción dentro de las chimeneas, provocando con esto un aumento en el tamaño del motor del ventilador si lo hubiera, y por lo tanto mayor consumo de energía eléctrica; en caso de que el tiro sea natural, una reducción en el diametro provocaría pulsaciones en el flujo de los gases.

2.- Aumentar la potencia del ventilador con esto se incrementa la altura de la pluma, pero también aumentan las pérdidas por fricción; y si el tiro fuera natural, se estudiaría la posibilidad de instalar tiro forzado, inducido o balanceado, dependiendo de las características y diseño del equipo.

3.- Instalar un equipo de control de contami nantes, esto reduciría la concentración de los gases a nivel del suelo, pero también aumentaría el consumo de energía eléctrica debido a las pérdidas propias del equipo de control, además que este dispositivo no es un equipo de proceso.

CAPITULO VI

ACCESORIOS E INSTRUMENTOS PARA LAS CHIMENEAS

VENTILADORES.- En los ventiladores que se usan en las chimeneas, la capacidad volumetrica varía directamente con la velocidad del ventilador; mientras que la presión de descarga y el consumo de potencia varían al cuadrado y al cubo respectivamente a la velocidad del ventilador. Los ventiladores del tipo axial dan servicio a bajas presiones.

El diseño de las aspas axiales se puede hacer para desarrollar presiones altas con bajo consumo de energía, pero dan servicio de limpia deficiente. Los ventiladores de tipo centrífugo son utilizados en chimeneas grandes para desarrollar altas presiones de descarga. Los ventiladores de acción directa son utilizados para aplicaciones de carga constante debido a que son más compactos y eliminan el resbalamiento de la correa. La unidad de impulsación* por correa da más flexibilidad y es más comúnmente usada en ventilación y para aplicarlo en las descargas.

CIMENTACIONES.- Los cimientos octagonales son los que se usan con más frecuencia. Para alturas superiores a 90 metros y para cargas normales de 19500 kg/m^2 ; el diametro máximo del cimiento será de $1/10$ de la altura, más el diametro inferior del cañón de la chimenea en la -

* IMPULSIÓN

parte superior. Se puede dar un margen de seguridad del 15% si se toman en cuenta los temblores.

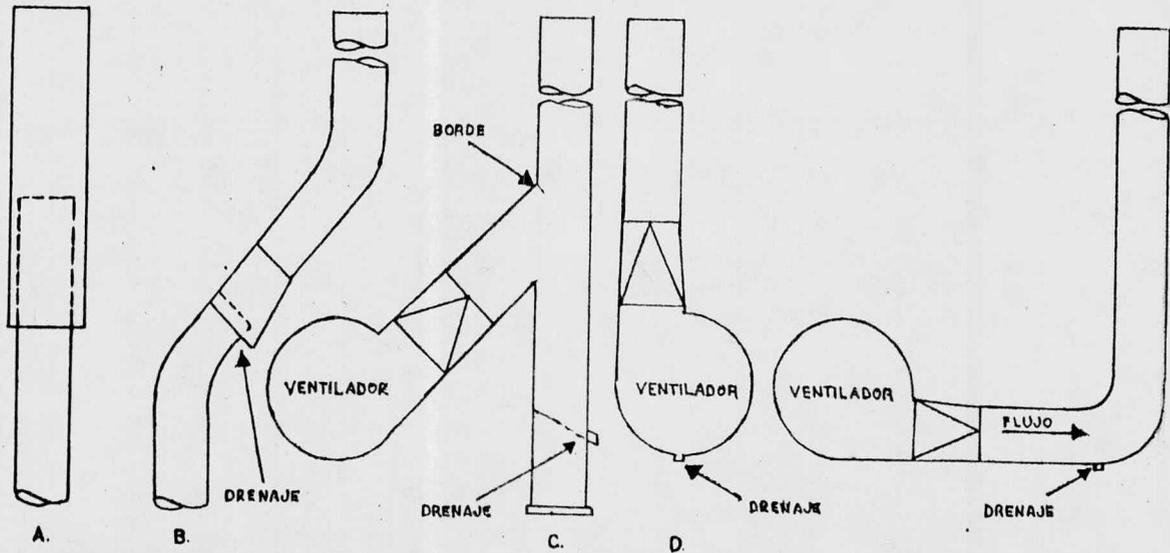
DRENAJE.- El uso de sombreros conicos en las chimeneas para prevenir que la lluvia entre a la chimenea es indispensable. Si la chimenea trabaja continuamente con una velocidad de salida de 10 m/seg. o superior, la lluvia no entrará. Si la chimenea trabaja en forma intermitente, entonces si se requiere de protección (ver fig.- 6).

PARARRAYOS.- Las chimeneas altas estan propensas a la incidencia de rayos. Las chimeneas de acero, no necesitan de pararrayos, ya que sus características de fabricación, hacen que tengan los rayos una trayectoria - adecuada, para que descarguen en la tierra.

Las chimeneas de mampostería si requieren de pararrayos, los cuales son básicamente unos conductores metálicos, ya que deben de presentar poca resistencia el paso de los rayos. Los pararrayos usualmente se colocan en la parte superior de la chimenea.

ILUMINACION.- Las chimeneas están alumbradas en la parte superior, de acuerdo con las leyes locales - existentes; particularmente si esta cerca de un aeropuer-

DRENAJE DE LAS CHIMENEAS Y DRENAJE DEL VENTILADOR



A.-VERTICAL
B.-CODO DOBLE
C.-ESTACION DE FUERZA
D.-DRENAJE DEL VENTILADOR DE LA CHIMENEA

FIG 6

to o si tienen una altura mínima de 60 metros.

La iluminación para el resto de la chimenea, - incluyendo escaleras y plataforma de acceso se lleva a ca bo de acuerdo con la práctica de seguridad industrial.

INSTRUMENTACION-Aún no se ha hecho de uso co - mún el empleo de monitores para determinar la densidad de los humos de chimenea.

En México el 7 de Abril de 1971, se publicó en el diario oficial de la federación. Una norma oficial de método de prueba, para determinar la densidad aparente vi sual del humo, empleando la Carta de Humos de Ringelman - para fuentes estacionarias. Este método se aplica exclu sivamente a los humos producidos por combustión en fuen - tes estacionarias, y que varía del transparente hasta di - versos tonos de gris hasta el negro.

Este procedimiento es lento, y, no hay una co - rrelación directa entre la opacidad de la pluma y la can - tidad de contaminantes emitidos a la atmósfera. Por otro lado, este método se puede emplear para detectar un cam - bio en la apariencia de la pluma, y, así decidir si se ana liza la emisión por métodos más precisos.

El procedimiento para utilizar la carta de humos de Ringelmann consiste en determinar la obscuridad u opacidad aparente de una columna de humo o de polvo de una chimenea; esto depende de la concentración de partículas en el efluente, el tamaño de las mismas, la profundidad de la columna de humos o de polvo que se observa, las condiciones naturales y el color de las partículas.

Para usar la carta de humos de Ringelmann formada por dibujos descritos en las targetas 1,2,3,4, como se indica en la figura 7, o bien, en dibujos o sistemas que den la tonalidad de gris equivalentes; se debe observar el humo cuando sale de la chimenea y comparar con el número de la tarjeta correspondiente, con más precisión.

Una chimenea sin emisión alguna debe anotarse como No 0 de la carta de humos, y aquella chimenea que emita humo negro 100% debe anotarse como No. 5 de la misma carta.

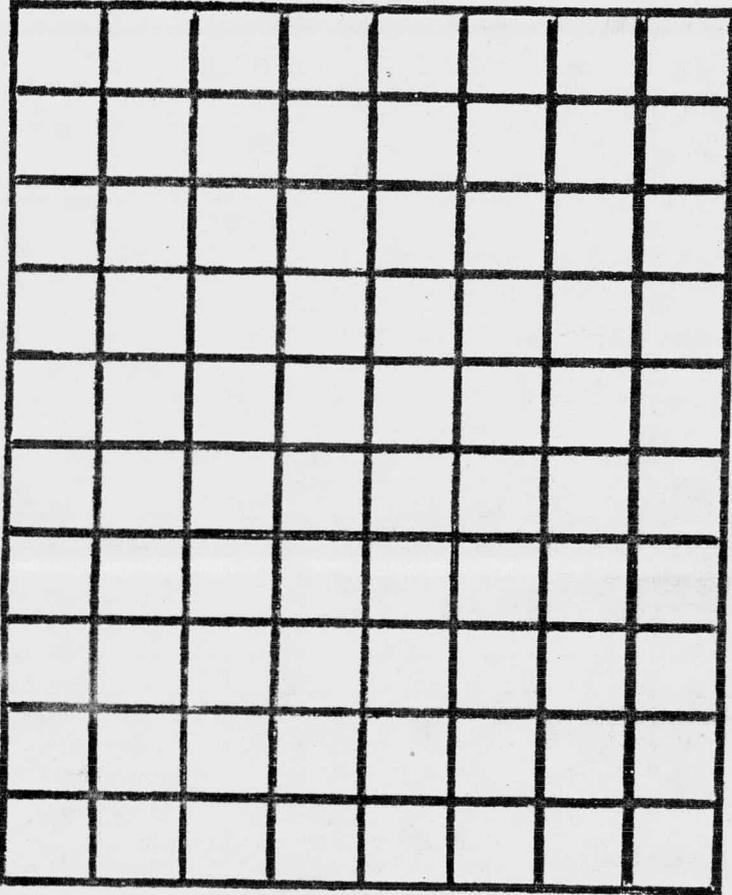
Aunque la carta de humos de Ringelmann normalmente se usa para evaluar emisiones negras o grises, el principio de opacidad equivalente, hace posible su utilización para evaluar otros colores de humo. El reglamento que cita la opacidad equivalente al número de Ringelmann se refiere a cualquier emisión visible de tal opacidad

que oscurezca la visibilidad del observador en escala - comparativa a la carta de humos. La opacidad simplemente significa el grado en que la luz transmitida se oscurece. La relación entre los números de la carta y el porcentaje de opacidad es como sigue:

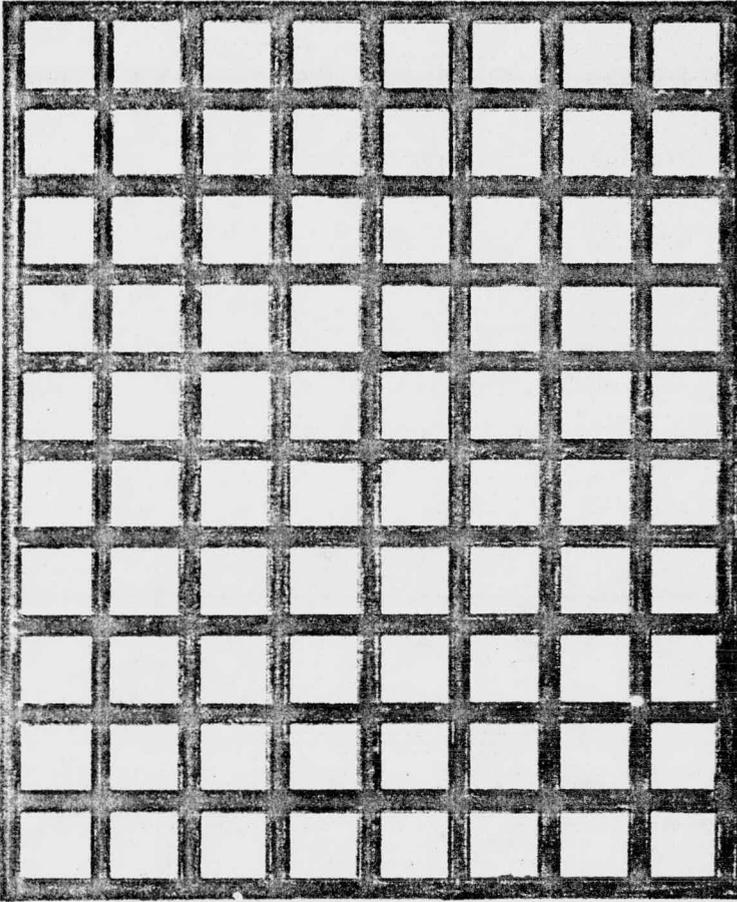
- No 1 de Ringelmann, igual a 20% de opacidad.
- No 2 de Ringelmann, igual a 40% de opacidad.
- No 3 de Ringelmann, igual a 60% de opacidad.
- No 4 de Ringelmann, igual a 80% de opacidad.

Los números equivalentes al 0 y al 5 de Ringelmann corresponderán al 0 y al 100% de opacidad respectivamente.)

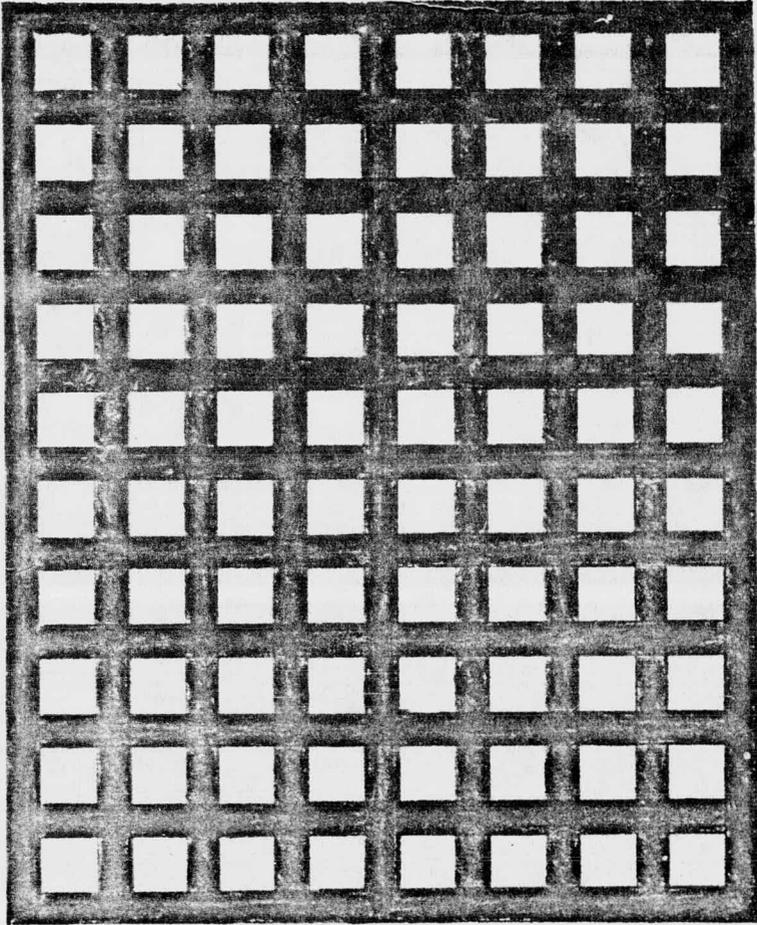
CARTA DE HUMO DE RINGELMANN



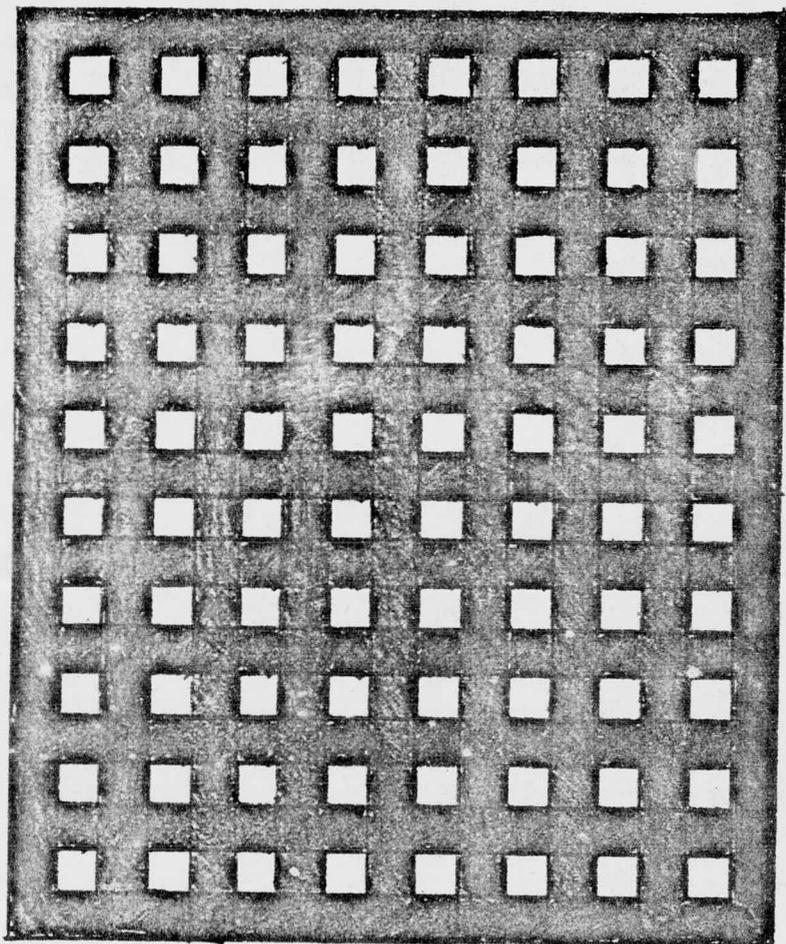
No. 1.- EQUIVALENTE AL 20% DE NEGRO



NO. 2.- EQUIVALENTE AL 40% DE NEGRO



NO. 3.- EQUIVALENTE AL 60% DE NEGRO



NO. 4.- EQUIVALENTE AL 80% DE NEGRO

Q-16

FIG 7

Numerosas gráficas y métodos han sido desarrollados bajo el principio de Ringelmann para completar los tonos de gris con la fuente de emisión, tan precisa como sea posible, se obtienen los números correspondientes para determinar las características de emisión de una chimenea, son recomendables las siguientes reglas generales: -

- 1.- Las emisiones grises y negras se miden en densidades y se aumentan según el número - de Ringelmann a que corresponda.
- 2.- Cualquier otra emisión de color se miden - por su opacidad anotandose este porcentaje de opacidad, y reportandose al número de Ringelmann a que corresponda.
- 3.- De ser posible, las observaciones deben hacerse durante el día y debe tratarse de tener el sol en la parte posterior del observador.
- 4.- Debe de existir una fuente de luz[?] detras- de la columna durante las horas de obscuridad.

- 5.- De ser posible, las lecturas deben de hacerse en angulo recto, en relación a la dirección del viento, y a la distancia conveniente para tener una vista clara de la chimenea y de los objetos en el fondo.

- 6.- Las lecturas deben de hacerse en la parte más densa de la columna de emisión, donde no es más ancha que el diametro de la chimenea.

- 7.- El tiempo transcurrido durante la observación deberá ser cuidadosamente anotado, al igual que otros datos como fecha, sitio distancia aproximada a la chimenea, nombre y cargo de la persona que hizo la observación y empresa responsable de la emisión.

La exactitud de la lectura, puede afectarse cuando la columna de humo o de polvo, tiene gran cantidad de vapores, que aunque no es considerado como contaminante, puede interferir en la transmisión de la luz a través de la columna de humo. El vapor se disipa en un punto a ta corta distancia de la fuente de emisión, por lo que en ta les casos, la lectura de opacidad puede hacerse inmediata

mente adelante de ese punto.

Un factor que puede provocar un error en toda-medición de opacidad es la pluma de vapor, causada por la condensación de humedad de los gases de escape. La condensación de la humedad, por si misma no esta prohibida por el reglamento, excepto donde la visibilidad es muy critica. Un método de corrección para la pluma de vapor en mediciones de opacidad de la descarga a una temperatura- -arriba del punto de rocío.)

CAPITULO VII



SELECCION Y APLICACION DE LAS CHIMENEAS

Para diseñar una chimenea adecuadamente, se deben tener en cuenta los siguientes puntos:

1.- La cantidad de gases de escape y las posibles fluctuaciones en el flujo.

2.- La temperatura de los gases de escape y la variación de la presión en que se encuentran.

3.- El tiro requerido (mm de H₂O). En la abertura del cañón o tubo de la chimenea, hacia la chimenea. (Si - esto no ha sido calculado, es necesario conocer el número y localización de los cañones, alturas de las aberturas - y elevación del sitio sobre el nivel del mar.

4.- Conocer la altura de los edificios cercanos y la topografía del lugar.

5.- La máxima velocidad del viento, la fuerza y la dirección.

6.- Composición detallada del gas.

Una vez que se tiene la información anteriormente citada, se puede determinar el diámetro de la chimenea basándose en el gasto de los gases de salida y de la velocidad de salida requerida. La altura de la chimenea se selecciona posteriormente, de tal manera que garantice que la concentración de los contaminantes emitidos sobre el nivel del suelo, estén por debajo de los niveles máximos permisibles. La siguiente etapa es calcular la caída de presión total del sistema, y si se va a usar algún ventilador se determina la potencia.

Los materiales de construcción para todos los componentes, se seleccionan en base a la composición del gas de salida, incluyendo la selección del ladrillo para chimeneas altas. La selección de los instrumentos de monitoreo y el visto bueno del diseño completo, se lleva a cabo después de consultar esto con las oficinas gubernamentales, encargadas del control de la contaminación del aire.

Algunas de las reglas para el diseño de chimeneas se puedan resumir como sigue:

- 1.- La concentración sobre el nivel del suelo, varía inversamente proporcional a la altura de la chimenea, es máxima a una distancia de 5 o 10 veces la altura de la chimenea, y su nivel es usualmente de 0.1 a 1% la concentración de los gases de salida.

2.- Las alturas de la chimenea debe de ser cuando menos 2.5 veces más la altura de la estructura más alta en el área y su velocidad deberá de exceder a 11000 m/min.. Las emisiones provenientes de chimeneas de diámetro pequeño (abajo de 1.5 m) o de chimeneas cortas (abajo de 60 m. de altura) podrían ocasionalmente aumentar la concentración de contaminantes sobre el nivel del suelo, a niveles indeseables.

CONCLUSIONES

En el control de la contaminación atmosférica, uno de los métodos más antiguos que se llevaron a cabo — para el manejo de un gas nocivo fue poner una chimenea — y descargarlo en la atmósfera directamente. En un principio las chimeneas se idearon para que saliera el humo del interior de las casas, y después, de la fragua; más adelante de las plantas generadoras de energía a partir de combustibles fósiles. La chimenea actuaba como generador de corrientes de aire que arrastraba una suficiente cantidad para mantener la combustión activa, ya sea que se quemara madera, carbón, petróleo o gas. Cuanto más grande — fuera la chimenea mayor era la corriente de aire, y en consecuencia, mejor la combustión.

En este sentido la chimenea no era desde luego un dispositivo de control de contaminación, ni tampoco lo es hoy, aunque se considera bueno en muchos casos.

La chimenea alta, a diferencia de la baja en una industria, es una herramienta que se puede utilizar para reducir concentraciones de contaminantes gaseosos a nivel del suelo, descargándolas a una altura en que tenga lugar suficiente dispersión de tal modo que la concentración a nivel del suelo en cualquier punto no muy lejano a la base de la chimenea no excederá a la concentración tolerada.

Por lo tanto, la chimenea alta se puede considerar más bien como un dispositivo de control de contaminación a nivel del suelo en vez de una forma de control de contaminación del aire, ya que no disminuye ni un gramo la cantidad de gas nocivo o cualquier otro contaminante descargado en la atmósfera a través de una chimenea.

En la actualidad, las chimeneas altas se emplean sólo como un último remedio para eliminar contaminantes que resultaría extraordinariamente difícil o caro tratar.

[Para investigar el uso de una chimenea para eliminar un gas perjudicial, es necesario determinar las concentraciones aceptables a nivel del suelo de los gases tóxicos o partículas que se encuentran en las emisiones. También hay que tener una idea clara de la topografía de la región para colocar la chimenea en relación con los edificios y el terreno que pudieran introducir algún factor de turbulencia del aire durante su funcionamiento. También hay que tener en cuenta las condiciones meteorológicas prevalencientes en la región, como los vientos dominantes, la humedad, las lluvias, etc. Además hay que conocer con exactitud los constituyentes de las emisiones gaseosas y sus propiedades físicas.]

Generalmente se puede encontrar la concentración permisible a nivel del suelo en la literatura sobre-

contaminación, pero desde luego estará indicada en los -
reglamentos sobre contaminación del aire de cada país. -
Aunque todavía hoy se usan las chimeneas para deshacerse -
de una serie de gases, en lo futuro tal vez se prohibirá -
este método a menos que la concentración del gas contami -
nante esté muy próxima o sea inferior al valor umbral per -
mitido para esa substancia tóxica en particular. (Por lo -
tanto es difícil predecir si una chimenea constituida hoy
resultaría satisfactoria en lo futuro y que dentro de al -
gunos meses todavía se adaptará a los reglamentos sobre -
contaminación del aire. Por lo tanto la instalación de -
una chimenea cara para dispersar un gas tóxico, no contro -
laría la contaminación de la atmósfera, aunque actualmen -
te este método resulta todavía aceptable y seguro desde -
un punto de vista práctico. Este procedimiento no elimi -
na ningún material de desecho solo lo dispersa en una zo -
na más amplia.)

BIBLIOGRAFIA

- HESKETH E. HOWARD. Understanding and Controllin air
Pollution. Ann Arbor Science
Plublishers 2a. Edición
Michigan 1972
- LEDBETTER O. JOE. Air Pollution
Marcel Dekker, Inc.
1a. Edición
New York 1974.
- LIPTAK G. BEZA. Environmental Engineer's V. II
Chilton Book Company
1a. Edición
Radnor Pensilvania 1974
- MEMORIA I Reunión Nacional Sobre Proble-
mas de Contaminación Ambiental
México
Enero 1973.
- PEKKINS HENRY CRANFORD Air Pollution Mac Graw-Vill
1a. Edición
New York

- ROSS R. D.

La Industria de la Contaminación del
Aire.

Editorial Diana

1a. Edición

México. D. F. 1974.

-BOLETINES TECNICOS No. 14 y 15.- Subsecretaría de Mejora
miento del Ambiente.
Junio de 1976.