



172
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

Zejeu

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA
REALIZAR AUDITORIAS AMBIENTALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

JOSE ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ



DIRECTOR: DRA. RIMA AGUIRRE SALDIVAR

MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION

Dedico esta tesis con todo cariño a mis padres, por su apoyo incondicional y su inmenso amor a fin de lograr mis objetivos.

A la memoria de mi abuelo.

A mis hermanos.

A todos mis amigos.

Agradezco sinceramente a la Dra. Rina Aguirre Saldivar por su valiosa orientación y paciencia, sin las cuales este trabajo no hubiese podido llevarse a cabo.

Pero sobre todo esta tesis la dedico a México.

INDICE

1 INTRODUCCION

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Justificación
- 1.3 Objetivo

2 CONTAMINACION ATMOSFERICA

- 2.1 Clasificación
- 2.2 Efectos

3 LEGISLACION

- 3.1 México
- 3.2 Otros países
- 3.3 Auditorías ambientales
 - 3.3.1 Antecedentes
 - 3.3.2 Como se realiza una auditoría ambiental en México

4 INDUSTRIA

- 4.1 Clasificación
 - 4.1.1 Vías de emisión
- 4.2 Equipos de control
 - 4.2.1 Partículas
 - 4.2.2 Gases

5 PROGRAMA AUDITOR

- 5.1 Especificaciones y organización del programa

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

1 INTRODUCCION

La crisis actual por la que atraviesa el mundo en materia de contaminación ambiental, hace apremiante la formulación de planes y el desarrollo tecnológico necesario para frenar este problema.

La contaminación ambiental es un problema que acarrea la desestabilización de la ecología. Es por tanto, un problema del que no esta exento ningun país ya que sus efectos en muchas ocasiones llegan a ser globales.

Sin embargo, debo decir que los individuos que viven en los grandes centros urbanos se encuentran en mayor riesgo pues, es allí donde se concentran las zonas industriales, culpables en gran medida de los elevados índices de contaminación del agua, del suelo y del aire.

La contaminación del ambiente la podemos clasificar en: contaminación del agua, del suelo y del aire. En décadas recientes la contaminación de estos elementos ha mostrado una alarmante tendencia a incrementarse hasta alcanzar niveles que ponen en grave riesgo la estabilidad físico-química del planeta.

La contaminación del aire ha mostrado efectos evidentes sobre los individuos, sobre todo en las grandes ciudades, en donde la concentración de industrias y el elevado número de vehiculos que utilizan motores de combustión interna son factores determinantes en la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera (Ross et al, 1974). Y es este tipo de contaminación, la relacionada con emisiones a la atmósfera, la única que será considerada en este trabajo.

La importancia actual de la contaminación del aire ha ocasionado que resulte indispensable caracterizar las fuentes de emisión que la producen, por lo que la realización de auditorias ambientales adquiere un gran valor hoy en día.

1.1 Antecedentes

Resulta lógico pensar que en sus inicios, los procesos de combustión se realizaban sin la menor preocupación por el control de los gases y partículas que se liberaban de ellos; esto era porque el escaso conocimiento que el hombre tenía del planeta no le permitia vislumbrar el contaminado futuro que le esperaba. En todo caso no creo que el problema de la contaminación ambiental haya tenido alguna importancia para el hombre antiguo, puesto que las concentraciones no llegaban a presentar un riesgo para su salud. Es

característico del ser humano, el realizar acciones para atacar un problema hasta que se ve afectado por él.

Desde el inicio de la Revolución Industrial en Inglaterra, en 1769 (Lain,1980), hasta nuestros días, y con el acelerado incremento de los procesos industriales que sustituyen la mano de obra, la utilización de los combustibles fósiles se ha incrementado hasta alcanzar niveles muy elevados. En las tablas 1.1 y 1.2 se presenta el balance mundial de energía y el consumo de combustibles fósiles respectivamente (Valera, 1994); al analizar estos datos, podemos ver que los consumos a nivel mundial de combustibles fósiles (crudo, gas natural y carbón) representan el 90.75% de la energía total requerida en el mundo, de la cual una buena parte es consumida por la industria y por los vehículos automotores (Quadri y Sánchez, 1992).

Tabla 1.1 CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA 1992

(Millones de toneladas de petróleo equivalente)

Norteamérica	2,169.4
América Latina	378.2
Europa Occidental	1,407.4
Europa Oriental	1,512.5
Medio Oriente	254.0
Africa	217.1
Asia-Pacífico	1,855.6
OCDE	4,127.9
PVD	2,153.8
TOTAL MUNDIAL	7,794.2

Tabla 1.2 CONSUMO MUNDIAL DE COMBUSTIBLES 1992

(Millones de toneladas de petróleo equivalente)

	CRUDO	GAS NATURAL	CARBON
Norteamérica	857.4	571.1	501.8
América Latina	242.0	77.9	21.4
Europa Occidental	646.5	245.4	280.2
Europa Oriental	391.5	625.0	414.5
Medio Oriente	168.4	80.0	4.4
Africa	97.0	32.6	79.0
Asia-Pacífico	725.6	149.0	862.8
* OCDE	1,799.0	886.4	900.7
* PVD	937.9	269.6	849.0
TOTAL MUNDIAL	3,128.4	1,781.0	2,164.2

* OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)

* PVD (Países en Vías de Desarrollo)

Ahora, si bien es cierto que el consumo de combustible de un país nos puede dar indicio de su desarrollo, también podría serlo de su grado de contaminación. Recordemos que estos combustibles son refinados y dan lugar a cientos de productos que posteriormente contribuirán a incrementar la contaminación ambiental.

Durante la Revolución Industrial, los centros de producción se concentraron en las grandes ciudades, situación que en la mayoría de los casos se conserva hasta nuestros días y que al paso del tiempo coloca a las grandes metrópolis entre las zonas de mayor concentración local de contaminantes del aire. Así por ejemplo, en Inglaterra se han registrado los efectos mortales de la contaminación atmosférica en episodios como el ocurrido en Londres en el año de 1952, en el que murieron cuatro mil personas (Maurice, 1982). Japón, otro centro de constante actividad industrial también ha registrado elevados índices de contaminación (Goldman, 1981); el episodio ocurrido en Europa Occidental en septiembre de 1982 presentó un proceso de contaminación fotoquímica (Dechaux, 1990).

Cuando hablamos de la Ciudad de México hablamos de la ciudad más grande del mundo y tal vez de la ciudad que presenta los más grandes y severos problemas de contaminación. En esta ciudad, el problema de la contaminación del aire parece

agigantarse (al igual que casi todos sus problemas) de manera desmedida a causa de la intensa actividad industrial y del acelerado incremento del parque vehicular, aunado a esto las condiciones topográficas de la cuenca y los patrones de vientos. La concentración de contaminantes ha llegado a tal grado que se han registrado sobre los individuos de la Ciudad de México efectos tóxicos que ocasionan daños sobre todo en las funciones pulmonares (Dechaux, 1990).

La contaminación de la atmósfera, se ha convertido en un tema que preocupa a la comunidad internacional. Hoy en día surgen numerosos grupos que en ocasiones forman alianzas entre países para lograr que se disminuya el problema de la contaminación del ambiente. Surgen así normas, leyes y equipos de control para partículas y gases, tendientes a reducir el problema de la contaminación.

Las investigaciones que se realizan para abatir el problema de la contaminación se llevan a cabo en casi todas las universidades e institutos de investigación del mundo, de acuerdo con los problemas que se presenten a nivel tanto local como global.

Los primeros estudios que se realizaron para evaluar el impacto ambiental, y de los cuales surgieron las primeras normas para controlar la contaminación del aire fueron realizados en Inglaterra a raíz de los trágicos sucesos ocurridos en ese país: en Manchester mueren 592 personas en enero de 1931 y en Londres 4000 en 1952 (Wark, 1981). De esta manera fue en los países europeos en donde se iniciaron las primeras reglamentaciones y por tanto la tecnología también alcanzó sus primeros logros en materia de control de contaminación de partículas y gases.

La COMUNIDAD EUROPEA realiza inversiones para estudios que ofrezcan resultados en pro de la reducción de las emisiones contaminantes; los países europeos se han dado a la tarea de prevenir más que remediar.

Por el contrario en América con excepción de Estados Unidos y Canadá, los países latinos viven el resago de una economía que no les permite realizar la inversión deseada para lograr avances que frenen los problemas de contaminación que los aquejan. Los problemas de los países de Latinoamérica se agudizan por la herencia que los países colonizadores les dejaron.

A pesar de los problemas económicos que se tienen en Latinoamérica, se cuenta con un buen número de trabajos dirigidos hacia el estudio de la contaminación ambiental, y así encontramos folletos, libros, revistas y manuales relacionados con cada una de las especies que hasta el momento se encuentran tipificadas como contaminantes del aire, pudiendo llegar a conocer algunas de las características de la fuente, su difusión, sus

posibles reacciones con los componentes del aire, sus efectos sobre los seres vivos y los métodos hasta el momento existentes para lograr su reducción y control.

Una fuente importante de investigación en las universidades es la realización de tesis, cuyos objetivos se enfocan a dar solución a los problemas tangibles que deben ser atendidos a la mayor brevedad. Dentro de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO las áreas que hasta el momento han presentado mayor interés por la investigación de los efectos y medios de control de contaminantes a la atmósfera, son las de medicina, ingeniería y química, siendo esta última la que ha alcanzado los mayores avances en el ramo. Así pues se encuentran numerosas tesis que abordan el problema de contaminantes cuyas fuentes se encuentran en diversos puntos de la república. De estos trabajos es importante mencionar los siguientes:

Barcena I. en 1970 realizó una tesis que se encarga de señalar los procesos que generan SO_2 , además de mencionar todos los efectos probables que pueden causar en el ambiente. Se presenta también un análisis de métodos de desulfurización.

Contreras P. en 1974 presentó un análisis detallado de las fuentes de combustión así como de combustibles. Realiza una clasificación completa de los equipos de combustión existentes, se dan detalles de lo que son los humos visibles y se sugieren métodos para mejorar la combustión, a fin de reducir las emanaciones de contaminantes al aire.

Carbajal G. en 1975 presentó su trabajo de tesis de licenciatura en la que se encuentran las ideas generales de contaminantes atmosféricos, monitoreo y control. Su principal virtud es la explicación de los sistemas de control hasta entonces desarrollados para contaminantes atmosféricos.

Espitia C. su trabajo de tesis en 1976 presenta la tipificación de contaminantes y de fuentes emisoras, así como la descripción de los equipos de control para partículas y gases.

Arroyo Z. en 1978 menciona la reglamentación para humos y gases existente. Hace un estudio de las fibras existentes en el mercado textil y se presentan métodos para disminuir la cantidad de contaminantes emitidos por una planta de tejidos.

Almanza G. en 1983 presenta una caracterización de disolventes, así como su control con algunos equipos, especialmente en su etapa de elaboración; es decir, se proponen soluciones que ayudan a completar procesos y de esta manera mejorarlos. Se realiza también una explicación de lo que son los métodos de adsorción y absorción para control de gases.

Berber V. en 1985 describió el equipo y la operación de la planta de asfalto del Distrito Federal, la contaminación atmosférica producida por la misma y sus efectos sobre la salud. También presenta los diversos equipos de control utilizados para partículas y gases, y brevemente los métodos de muestreo que en ella se utilizan. Incluye un resumen de los equipos existentes para el control de partículas

Existen además otros títulos encontrados de los cuales no se realizan comentarios por considerarse que no aportaban nuevas variantes a los ya descritos.

1.2 Justificación

De entre la información importante para los estudios de la contaminación atmosférica están los "inventarios de emisiones". Esto es: un catálogo de las fuentes de emisión que existen en la zona de estudio, y para elaborar estos catálogos es necesario responder a cuestionarios en los que se asiente esta información.

Después de haber revisado los trabajos anteriores y consultar entre numerosos libros, folletos y revistas; poco encontré sobre como realizar AUDITORIAS AMBIENTALES que se refieran expresamente a la atmósfera y además ofrezcan una guía para que el industrial por cuenta propia pueda contestar los cuestionarios que se incluyen. Es por eso que he considerado necesario realizar un trabajo que reúna como características: ser breve, aplicar un lenguaje sencillo, reunir para el industrial la información que permita la realización de una auditoria, además de ofrecerle la versatilidad de utilizar un programa de computadora para conseguir este objetivo.

De las pocas fuentes que se encontraron para la realización de auditorias ambientales figuran dos que ofrecen un plan accesible al industrial y que, si bien no llegan a ser lo completas que se requieren, por lo menos son un indicador que nos permitirá llegar hasta la formulación de una guía en la que precisen los pasos que se deben seguir durante la PREAUDITORIA, AUDITORIA Y LA POSTAUDITORIA ambiental. Una de las fuentes encontradas para este propósito es la tesis que desarrollo en la UNAM, en la Facultad de Química, Lopez R. en 1991, que presenta un condensado de los requerimientos en materia de realización de AUDITORIAS AMBIENTALES en México. Muestra la metodología que se seguía en 1991 para la realización de una auditoria ambiental.

Debo recordar que las auditorias ambientales fueron formalizadas en México hasta el año de 1992 por lo que los trabajos existentes referentes al tema son escasos.

Otro texto, en el que se muestra la preocupación por seguir una metodología en cuanto a la identificación de fuentes y de contaminantes atmosféricos (Maurice, 1982), proviene de Inglaterra que como ya se ha comentado es el país en donde aparecieron las primeras normas que reglamentaban la emisión de contaminantes atmosféricos. Sin embargo, esta metodología resulta inadecuada puesto que no presenta los pasos a seguir de una manera sencilla y se encuentra referida a la industria de Inglaterra.

1.3 Objetivo

De lo anterior podemos establecer que la creación de una guía para el llenado de los cuestionarios de auditoría - aun cuando ésta sea informal- representan para el industrial una significativa ayuda que le permita comprender la necesidad de practicarlas.

Este trabajo tiene como objetivo el dar a conocer de una manera concreta el contenido de los cuestionarios de auditoría para su correcto llenado. Para lograr este objetivo se apoya en un banco de datos en el que se clasifican las industrias existentes en México, los contaminantes atmosféricos que se emiten de ellas y los equipos de control que se recomiendan para su reducción. Todo esto contenido en un programa de computadora que se presenta de una manera versátil y atractiva.

Se pretende que cualquier persona pueda entender que es lo que se le pregunta en el cuestionario sin necesidad de que sus conocimientos precisen ser demasiado profundos en el tema.

La utilización de la computadora es una herramienta fundamental puesto que ello nos permite consultas rápidas, correcciones sencillas y el almacenamiento de cientos de datos.

2 CONTAMINACION ATMOSFERICA

Antes de hablar de los diferentes contaminantes que podemos encontrar en el aire, definamos que es contaminación y que es contaminante.

Tentativamente diré que contaminación es la adición a nuestra atmósfera de cualquier material que tenga un efecto perjudicial en los seres vivos del planeta. De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), contaminación es: la presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico.

En esta definición se incluye una serie de términos cuyo significado es preciso aclarar. En primer lugar se menciona al ambiente cuya definición en la misma LGEEPA es: conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Se menciona la palabra contaminantes, término que debe de ser aclarado puesto que durante una auditoría, enfocada a verificar los niveles de contaminación que despide una industria no deben presentarse confusiones a este respecto.

Contaminante en la LGEEPA queda definido como: toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna, o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Por último debemos entender por desequilibrio ecológico: la alteración de las relaciones de interdependencia entre los elementos naturales que conforman el ambiente, que afecta negativamente la existencia, transformación y desarrollo del hombre y demás seres vivos.

Si la presencia entonces de una especie química dentro de ciertos niveles se convierte en contaminación y esto trae como consecuencia el desequilibrio ecológico, veamos un breve panorama de los efectos que causa dicho desequilibrio.

2.1 Clasificación

Antes de analizar brevemente los efectos que los contaminantes tienen sobre el ambiente en general, es importante clasificarlos, a fin de conocer mejor su origen, propagación, estado físico, etc.

Los contaminantes pueden ser producidos de dos maneras, en forma natural y en forma antropogénica. Entre las fuentes naturales de contaminantes encontramos a

los volcanes, tolváneras, incendios, etc., mientras que las fuentes antropogénicas son todas las actividades del hombre que produzcan un contaminante.

De acuerdo a su origen

- a) *Contaminantes primarios*. - Cuando un contaminante es emitido directamente hacia la atmósfera, tal como el óxido de azufre desprendido de la combustión, reciben el nombre de contaminantes primarios.
- b) *Contaminantes secundarios*. - Cuando se transforma o se forma un contaminante después de la emisión de una sustancia a la atmósfera, como resultado de alguna reacción con materia ya contenida en la misma estamos hablando de un contaminante secundario.

Algunos de los contaminantes que podemos considerar como secundarios resultan de reacciones fotoquímicas que se llevan a cabo a partir de la incidencia de los rayos solares. Desde luego es posible que se produzcan otros contaminantes secundarios en ausencia de reacciones fotoquímicas, como es el caso de la hidrólisis, que es un proceso químico mediante el cual se produce una descomposición que involucra la ruptura del enlace químico y la adición de agua.

Clasificación de acuerdo a su estado físico

Dentro de la atmósfera podemos encontrar a los contaminantes en dos formas físicas principales, partículas (fragmentos diminutos de materia en forma sólida o líquida) o gases. Debemos recordar que la radiación es otra forma de contaminación del aire pero dado que para nuestro estudio no es común la omitiremos.

- a) *Partículas*. - Este tipo de contaminantes han sido definidos como sólidos o líquidos finamente divididos, se consideran partículas desde 0.0002 hasta 500 micrómetros de diámetro (AIHA, 1968).

Los vapores y humos formados como productos de la combustión y los aerosoles fotoquímicos caracterizan una gran fracción de las partículas en el intervalo de 0.1 a 1 micrómetro. Debido a su tamaño pequeño, estas partículas pueden permanecer suspendida durante largos periodos de tiempo. Algunos ejemplos de éstas son los vapores metálicos y las partículas de aceite o ácido.

Las partículas cuyo diámetro está entre 1 y 10 micrómetros generalmente están formadas por tierra, polvos finos y hollin emitidos por la industria, en las regiones marítimas se pueden detectar sales de mar. Las fuentes principales de este tipo de partículas son los incineradores municipales, plantas de cemento, fábricas de acero, plantas de ácido sulfúrico y algunas otras.

Las partículas mayores de 10 micrómetros son el producto de actividades como la construcción, erosión causada por el viento, esmerilado y partículas emitidas por vehículos (Wark y Warner, 1981).

b) *Contaminantes gaseosos*.- Estos contaminantes son emitidos por diversas fuentes, mezclándose con los gases que están presentes de manera normal en el aire. Estos tienden a permanecer suspendidos durante largos periodos de tiempo. Los podemos clasificar de acuerdo a su composición química como sigue:

Gases inorgánicos.- Los principales gases inorgánicos son:

Compuestos de azufre: Entre estos tenemos a los óxidos de azufre (SO_2 y SO_3) y el ácido sulfhídrico (H_2S), son esencialmente contaminantes primarios y resultan de la combustión del carbón, combustibles de aceite y diesel y del procesamiento del petróleo, químicos, metales y algunos minerales.

Compuestos de nitrógeno: Los óxidos de nitrógeno (NO y NO_2) son en su mayoría contaminantes primarios desprendidos de procesos petroquímicos, por combustión industrial y por automóviles. El amoníaco es otro compuesto de nitrógeno y se produce por combustión y la producción de químicos. El NO y NO_2 se pueden combinar fotoquímicamente y formar contaminantes secundarios como sería el caso del ozono.

Compuestos clorados: Las formas más comunes de este tipo de compuestos son contaminantes primarios como cloro y cloruro de hidrógeno que se producen durante el proceso de blanqueado del algodón y en refinerías petroleras.

Compuestos fluorados: Se trata en general de contaminantes primarios como el tetrafluoruro de silicio y el fluoruro de hidrógeno. Este tipo de compuestos son emitidos frecuentemente por refinerías de petróleo, fábricas de fertilizante, plantas de aluminio, fábricas de acero, talleres de alfarería y fábricas de ladrillo. Un contaminante secundario de este tipo es el vapor de fluor que puede ser formado por la hidrólisis de los gases antes mencionados.

Compuestos de carbono: El monóxido de carbono (CO) es un contaminante primario producido por la combustión incompleta de la gasolina y otros combustibles fósiles.

Oxidantes: Los oxidantes más importantes en la atmósfera son el ozono y el dióxido de nitrógeno. El ozono es formado en la atmósfera en forma natural por la acción de las descargas eléctricas, pero usualmente no alcanza proporciones contaminantes, sin embargo su presencia a nivel del suelo originado por la acción de los rayos ultravioleta sobre el dióxido de nitrógeno lo hace perjudicial para los organismos vivos.

Gases orgánicos.- Se trata de aquellos compuestos que contienen carbono e hidrógeno y pueden contener otros elementos. Los gases orgánicos más importantes son:

Hidrocarburos (HC): Entre las principales fuentes que originan este tipo de contaminantes están la producción de petróleo y la combustión incompleta que se lleva a cabo en los vehículos de gasolina y diesel, turbinas de gas, aviones de reacción y el uso de solventes.

Derivados de hidrocarburos: Los podemos encontrar en la atmósfera como contaminantes secundarios derivados de reacciones fotoquímicas. Estos derivados pueden ser hidrocarburos oxigenados derivados de la combinación de HC con fluor, cloro, bromo o yodo; como es el caso del tetracloruro de carbono originado por operaciones de desengrase, lavado en seco y el uso de solventes (AIHA, 1968).

Queda claro entonces que la concentración de contaminantes dentro de una metrópoli está reflejada por el número y la diversidad de industrias que estén presentes en ella. Así mismo se pone de manifiesto que prácticamente todas las industrias de la transformación generan algún tipo de contaminante atmosférico.

2.2 Efectos

Los contaminantes, dependiendo de la concentración en que se encuentren dentro de un medio pueden afectar al hombre, a los animales (sean terrestres o acuáticos), a la flora y a los materiales que el hombre utiliza para construcción y fabricación.

Efectos sobre el hombre y los animales

Empecemos por decir que una persona respira de 14 a 18 kg de aire/día, esto significa que la concentración en que un contaminante llega a afectar las vías respiratorias puede ser mortal, como en los casos mencionados en el capítulo anterior. Es claro que para el hombre así como para los animales, los principales daños se presentan en el sistema respiratorio, derivando de esto afecciones en otros órganos vitales tales como el corazón (Parker, 1983).

Por ejemplo: el monóxido de carbono contribuye a aumentar las afecciones cardíacas, así como del sistema nervioso central. Los óxidos de azufre son tóxicos llegando a ser mortales cuando existen antecedentes de una enfermedad respiratoria. El dióxido de azufre, produce irritación en las vías respiratorias y en los ojos, problema muy generalizado en las grandes ciudades.

El análisis de los efectos de contaminación por hidrocarburos ha revelado que muchos de ellos son cancerígenos, lo cual podría explicar el por qué del incremento de este mal en las sociedades contemporáneas.

Por último las partículas causan problemas principalmente en las mucosas de las vías respiratorias, pues se acumulan en ellas.

El bióxido de azufre y las partículas en diferentes concentraciones pueden causar respuestas cardiorespiratorias, sofocamiento e incremento de resistencia en los pulmones y hemorragias nasales

El ozono produce irritación, tos, dolor de cabeza e irritación en los ojos.

Efectos sobre las plantas

Los contaminantes que más efectos tienen sobre las plantas son la lluvia ácida, partículas, dióxido de azufre, fluoruros, humos y hollín.

Cuando las plantas son afectadas por la contaminación presentan un acelerado envejecimiento y lentitud en el proceso de fotosíntesis.

Daño a los materiales

La contaminación del aire también puede causar daños a los materiales, estos daños pueden ir desde un simple ensuciamiento hasta la corrosión por efectos de ácidos (lluvia ácida). Esta lluvia ataca principalmente la piedra caliza y el bicarbonato de sodio, que son constituyentes de los materiales de construcción, provocando deterioro en edificios y monumentos.

Los óxidos de azufre presentes en la atmósfera producen corrosión en los metales y también afectan el cuero y el papel (Ross et al, 1974).

3 LEGISLACIÓN

En este capítulo se ofrece un extracto del desarrollo legislativo en materia de contaminación ambiental y una visión de lo que es la Ley del Equilibrio Ecológico y de Protección Ambiental para, posteriormente, presentar con propósitos ilustrativos la legislación correspondiente a Estados Unidos, Francia, Inglaterra y la Comunidad Económica Europea.

3.1 México

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la Ley Suprema de la Unión, según lo dispone el artículo 133 de la carta Magna (Rabasa y Caballero, 1994).

A continuación se presenta un panorama general de las bases constitucionales que tienen que ver con la protección al ambiente (Brañes, 1988).

La primera de esas bases es la disposición contenida en el párrafo tercero del artículo 27 constitucional, que se refiere a la idea de la conservación de los recursos naturales, y la segunda la encontramos en la fracción XVI del mismo artículo, que se refiere a la prevención y control de la contaminación ambiental. Esta idea fue incorporada explícitamente a la Constitución Política en 1971.

La tercera base constitucional, es el párrafo sexto del artículo 25, en el que se establece la regulación del uso de los recursos productivos por los sectores social y privado. Esta fue incorporada en 1983, y es la única ocasión en que la Carta Fundamental menciona al ambiente como tal.

En el artículo 27 constitucional se establece que el Estado tiene la responsabilidad del adecuado aprovechamiento de los recursos naturales de la Nación. En este mismo se deja consignado que la Nación tiene el derecho de regular el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública y cuidar su conservación. Más aún, dispone las medidas necesarias para evitar la destrucción de los elementos naturales y cualquier daño que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

La prevención y control de la contaminación ambiental en la Constitución Política.

A finales de la década de los 60s, se manejaba extensamente la idea de que la protección del ambiente tenía que ver exclusivamente con el peligro de su contaminación, detectándose ya en ese entonces algunos problemas serios. La

manera jurídica de enfrentar los efectos creados por la contaminación fue la promulgación de una nueva ley: Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental.

Simultáneamente, la Constitución Política reformó la parte relativa a las atribuciones del Consejo de Salubridad General, agregando a sus atribuciones el adoptar las medidas necesarias para prevenir y combatir la contaminación ambiental. De esta manera, la idea de prevenir la contaminación ambiental fue incorporada en 1967 a la Carta Magna de México.

La protección del ambiente en la Constitución Política a partir de la reforma de 1983.

En diciembre de 1982 al tomar posesión como presidente de la República el Lic. Miguel de la Madrid Hurtado, se presentaron al Congreso de la Unión iniciativas de reforma y adición a diversos artículos constitucionales, relacionados con la protección del ambiente. El párrafo sexto del nuevo artículo 25, dice: bajo criterios de equidad social y productividad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolas a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.

La reforma del artículo 25 constitucional, que entró en vigor en 1983, incorpora explícitamente la idea de protección del ambiente a través de la expresión "cuidado del medio ambiente", y conceptualiza este término de manera explícita al separarlo del concepto de recurso productivo, estableciendo su cuidado en los términos constitucionales que ahí se dictan.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (ver Brañes, 1988).

La Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA) es el principal documento jurídico vigente sobre esta materia. Dicha ley tuvo su origen en una iniciativa presidencial formulada durante el periodo ordinario de sesiones de 1981 del Congreso de la Unión, siendo aprobada en ese mismo periodo. La ley Federal de Protección al Ambiente fue publicada en el Diario Oficial de la Federación del día 11 de enero de 1982 y entró en vigor treinta días después de esa publicación. Esta ley vino a sustituir a la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental que se encontraba vigente desde 1971.

Posteriormente se adecuó esta ley y se substituyo por la actual Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la

Federación el día 28 de enero de 1988 (CEUM, 1994), y que se describe a continuación.

El objetivo de la LGEEPA es descrito en su artículo primero, referido a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección del ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son expresamente para el bien común.

La LGEEPA establece en el título cuarto -protección al ambiente-, capítulo I, artículo 110, los conceptos para la protección de la atmósfera. Pero veamos en particular el párrafo segundo en donde queda claramente establecido el cumplimiento de las normas para las fuentes industriales.

"Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas, para asegurar el bienestar de la población y el equilibrio ecológico".

Como podemos ver, las fuentes fijas (industrias y servicios) deben apegarse totalmente a esta ley.

La misma LGEEPA establece en el artículo 111 que SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), en coordinación con la Secretaría de Salud emitirá las normas para regular los niveles de emisión de un contaminante, en favor de prevenir daños a la salud, así mismo se señala que la Secretaría en su caso tiene la responsabilidad de exigir la instalación de equipos de control de emisiones a las fuentes fijas que emitan contaminantes sobre todo en aquellas que se encuentren en zonas conurbadas.

En esta misma ley (Art. 112) se menciona la responsabilidad que tiene el Estado de aplicar las medidas correspondientes para prevenir y controlar la contaminación del aire. De igual forma es el responsable de definir las zonas en que se permitirá la instalación de industrias contaminantes.

En su artículo 113 se pone de manifiesto la total prohibición para emitir contaminantes a la atmósfera que ocasionen o puedan ocasionar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente.

Dentro de la LGEEPA se encuentra un reglamento en el que se establecen las disposiciones oficiales aplicables a todo el territorio nacional en favor de la protección y control de la contaminación de la atmósfera (Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 25 de noviembre de 1988).

Reglamento

Para tener un mayor conocimiento de cada uno de los puntos que integran este reglamento se recomienda su consulta, pues en este trabajo sólo dirijo mi atención al análisis de algunos de ellos; especialmente los que hacen referencia a las fuentes fijas.

En este reglamento se pone de manifiesto en su artículo 9 que, corresponde a SEDUE prevenir y controlar la contaminación que las fuentes fijas emiten a la atmósfera y, en el capítulo II se encuentran explícitamente desglosadas, las disposiciones aplicables a las fuentes fijas emisoras; esto es: no se deben exceder los niveles permisibles de emisión, se debe contar con una serie de requisitos que serán verificados durante las auditorías ambientales (inventarios de emisiones, plataformas y puertos de muestreo, emplear equipo anticontaminante, etc.).

La información que los capitalinos recibimos a diario, IMECA en donde se da a conocer los niveles de concentración de los contaminantes más comunes (PST, PM₁₀, SO₂, NO₂, CO y O₃) se encuentra también contemplada dentro de este reglamento, el cual hace responsable a SEDUE de la oportuna y correcta difusión de dicha información. El registro de los datos publicados los realizarán las autoridades competentes sobre cada jurisdicción.

A pesar de las normas y reglamentos que actualmente existen en México, el problema no resulta sencillo de resolver, pues veo que para la realización de las metas idealizadas se presentan diversos factores que lo impiden. A mi parecer estos factores van desde la negligencia de las autoridades para lograr que las fuentes responsables de la contaminación se apeguen al marco jurídico que establecen las correspondientes leyes y reglamentos; pasando por corrupción, y en algunos casos la imposibilidad técnica para poder cumplir con lo dispuesto.

Es indispensable que las autoridades competentes se hagan responsables del cumplimiento de las leyes y normas, que se intensifiquen los programas de protección al ambiente y se realicen de una manera conveniente las auditorías ambientales.

Lograr una educación cívica lo suficientemente sólida para obtener resultados a corto plazo, quizá sea la más importante y difícil tarea en conseguir.

3.2 Otros países

Estados Unidos

En los Estados Unidos de Norteamérica existe un organismo que es el encargado y responsable del cuidado del ambiente, dicho organismo es la EPA (Environment al

Protection Agency), del cual emanan todos los reglamentos, criterios, estándares y sanciones para reducir las emisiones de contaminantes.

A lo largo de mi investigación encontré que a diferencia de México, en Estados Unidos la legislación para controlar la contaminación del aire apareció en el año de 1955 (en México fue hasta 1971). En 1963 apareció una de las leyes más conocidas en materia de control de contaminación: la ley del Aire Limpio (Ross et al. 1974).

La Ley del Aire Limpio fue corregida y aumentada en tres ocasiones 1967, 1970 y en 1977. El objetivo que persigue esta ley es el de servir como guía para que los gobiernos estatales puedan establecer normas sobre la calidad del aire. También se fomentó la investigación para retirar el azufre de los combustibles y crear tecnología anticontaminante.

Otra ley de trascendencia es la promulgada en 1964, para controlar la contaminación del aire producida por los vehículos de combustión interna y el 30 de enero de 1967, el presidente Johnson propuso que se establecieran normas nacionales de emisión para aquellas fuentes cuya contribución a la contaminación del aire fuera considerable.

La EPA establece estándares estatales y nacionales que operen para las nuevas fuentes -debemos entender por nuevas fuentes, a todas aquellas que aparecen a raíz de avances tecnológicos que dan origen a un nuevo proceso- (Wolf, 1988).

La EPA ha dictado también criterios individuales para cada contaminante y en ellos se pueden señalar dos estándares de calidad del aire -primarios y secundarios-. Los estándares primarios son los que establecen el nivel para la protección de la salud. Los estándares secundarios se refieren a la protección del bienestar de la población: esto es, sobre el medio en que se desarrolla la sociedad y que en un momento dado pueden provocar efectos sobre el agua, suelo, cosechas, vegetación, materiales sintéticos, animales, atmósfera, visibilidad, clima, etc.

Un importante logro de la EPA es el estar autorizada para establecer regulaciones para el control de sustancias, prácticas, procesos, o actividades que afecten la estratosfera, especialmente la capa de ozono (Wolf, 1988).

Legislación en Francia

Uno de los antecedentes más lejanos que existen en Francia en materia de control de contaminación de la atmósfera es el Decreto Imperial del 15 de octubre de 1810 que ya preveía la protección de las zonas vecinas a las empresas industriales. Desde entonces el gobierno francés se ha preocupado por mantener una calidad de aire aceptable y evitar así conflictos entre las fuentes emisoras y la población.

Francia es un país que gracias a su política anticontaminante y a sus avances tecnológicos, ha logrado desde 1973 a la fecha disminuir a la mitad el porcentaje de acidez en la atmósfera de sus principales ciudades. Desde el año de 1980 el gobierno francés intensificó medidas preventivas para reducir los índices de emisión de contaminantes a la atmósfera. Para lograr estos avances se desarrollaron nuevas tecnologías en el ámbito de motores, automóviles equipados con equipos de control de gases y combustión de carbón en calderas de lecho fluidizado desulfurante (Dechaux, 1990).

Las perspectivas de Francia, para el año 2000 son las de reducir las emisiones de SO_2 en un 50% y en 30% los hidrocarburos.

Francia es un país que ha obtenido un gran avance en materia de combate a la contaminación, entre las leyes que más éxito han logrado para vencer este problema se cuenta a la ley del 19 de julio de 1976 que se refiere a instalaciones clasificadas como dañinas para el medio ambiente, establece que todo usuario de estas tiene que presentar ante el Prefecto Comisario de la República (el cual representa al gobierno en cada departamento) una solicitud de autorización antes de poner en servicio o de realizar modificaciones en su planta. La solicitud de autorización deberá de ir acompañada de un estudio sobre el impacto ambiental que ocasionarán las emisiones de la planta. Estos documentos son sometidos a una encuesta pública durante un mes, después de la cual el Prefecto dicta una orden por la cual se fijan las condiciones sobre las que operará la planta y los valores límites para los contaminantes del aire.

Los logros de las políticas anticontaminantes en Francia son fruto de la honesta participación de empresarios para cumplir con la reglamentación establecida, y la adecuada inspección del gobierno.

Una de las medidas aplicadas con mucho éxito para combatir el problema de la contaminación atmosférica en Francia es el impuesto parafiscal, aplicado desde el primero de julio de 1985. Este impuesto se aplicó a todas las instalaciones de combustión que presenten una potencia térmica superior a los 50 MW y las instalaciones que emiten más de 2500 toneladas anuales de SO_2 o de NO_x . Los fondos que se reúnen con este impuesto permiten realizar investigaciones para reducir las emanaciones de SO_2 .

A nivel nacional, la política de prevención de la contaminación atmosférica está definida por el Ministerio del Medio Ambiente.

La calidad del aire en Francia está controlada por redes de monitoreo localizadas en las ciudades, en las zonas industriales y en lugares cercanos a zonas industriales

aisladas. Existen más de 2000 analizadores de gases en su mayoría controlados por asociaciones cuya creación fue estimulada por los poderes públicos.

Legislación en Inglaterra

Las autoridades que actualmente se ocupan de controlar la contaminación del aire en Inglaterra son: la Inspectoría de Alcalis del gobierno central, que se ocupa de la contaminación del aire derivada de ciertos procesos manufactureros; y las autoridades locales que se ocupan de la contaminación proveniente de otras fuentes industriales (Maurice, 1982).

Una parte del Ejecutivo Nacional de Salud y Seguridad se ocupa de la contaminación proveniente de gran número de procesos industriales en donde se incluyen algunas de las fuentes más peligrosas tales como las emisoras de plomo, hierro y otras industrias metálicas, refinerías de petróleo, plantas de electricidad y de gas, las fábricas de cemento y un gran conjunto de procesos químicos. A estas plantas se llaman plantas registradas.

Existe un término muy utilizado en el control de la contaminación; "*mejores medios practicables*". Esta frase la encontramos en la Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo en la que se pone de manifiesto que se deben: usar los mejores medios practicables para impedir la emisión hacia la atmósfera de sustancias nocivas u ofensivas provenientes de la industria y para volver inocuas e inofensivas las sustancias que lleguen a emitirse.

Lo *practicable* esta referido a las condiciones y circunstancias locales, las técnicas disponibles y los recursos financieros. El inspector general de Alcalis es el encargado de elaborar las directrices que establecen los mejores medios practicables para cada industria.

Cabe hacer notar que legalmente esta establecido que las empresas sólo están obligadas a usar ciertos métodos para tratar de impedir la contaminación, pero no tienen que evitar la contaminación a cualquier costo. Luego entonces existen casos en los que aún y cuando se empleen los *mejores medios practicables*, las emisiones industriales seguirán causando molestias; en estos casos se siguen dos caminos: cuando las emisiones constituyen un riesgo de graves daños personales, la Inspectoría de Alcalis puede detener el proceso mediante la emisión de un aviso de prohibición (Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo, sección 22); pero si la contaminación sólo provoca una molestia -y no un peligro para la salud-, la Inspectoría de Alcalis se muestra comunmente accesible a que las empresas satisfagan normas menos estrictas.

Es importante apuntar que los *mejores medios practicables* se actualizan periódicamente, pero sólo son aplicables a aquellas industrias de reciente creación, de esta manera las plantas ya instaladas sólo estarán sujetas a cumplir con los *mejores medios practicables* de más reciente publicación en el caso de sustitución o nueva adquisición de equipo.

La Ley de Salud y Seguridad en el Trabajo de 1974 ha dado apoyo legal a la política de confidencialidad de la Inspectoría, no permitiendo que los inspectores transmitan al público la información obtenida de las plantas registradas a menos que la empresa otorgue permiso para ello. La Comisión Real sobre la Contaminación Ambiental ha pedido que se derogue esta ley.

Hasta ahora he hablado de los instrumentos legales aplicables en las plantas ya instaladas, pero veamos cuales son los requisitos exigidos, antes de la operación de éstas.

En la ley del Aire Limpio de 1956, existen normas de humos, partículas y polvos en las que se especifica que no se permite a ninguna fábrica emitir humo negro, excepto durante breves períodos especificados. Si la fábrica está localizada en un área de control de humos, no podrá producir nada de humo, ni siquiera claro (Maurice, 1982).

También se han establecido límites máximos para las partículas y polvos de los hornos, si la contaminación es causada por el combustible que se quema y no por el material que se calienta y se han recomendado normas para incineradores, cubilotes y otros hornos (HMSO, 1974).

Frecuentemente se revisan los objetivos para la calidad del aire elaborados por un comité de expertos de la Organización Mundial de la Salud.

El informe de la OMS contiene criterios de la calidad del aire -pruebas de riesgos para diferentes concentraciones de cinco contaminantes: óxidos de azufre, humo, monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos y bióxido de nitrógeno. En ese documento se invita a otros países a usar estos criterios para el establecimiento de metas a corto plazo y largo plazo.

En Inglaterra además de la legislación nacional existente para controlar la contaminación atmosférica, se adoptan las recomendaciones que hacen otros organismos como la OMS y la CEE (Comunidad Económica Europea).

La comunidad Económica Europea está obligada, a publicar los criterios de calidad del aire para los contaminantes atmosféricos, convenir en los objetivos e introducir las normas de calidad que deberán adoptarse en todos los países de la CEE.

La Comisión Europea ha publicado normas para el plomo, el humo y el bióxido de azufre, y tiene planes para elaborar normas aplicables a varios otros contaminantes del aire, entre ellos los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono, oxidantes fotoquímicos, asbesto, hidrocarburos y vanadio (Maurice, 1982).

3.3 Auditorías ambientales

El control sobre las fuentes fijas emisoras de contaminantes, resulta ser mucho más sencillo que sobre las fuentes móviles, no sólo porque las fuentes fijas son menores en número sino porque es relativamente más fácil controlar las condiciones bajo las que opera una fuente fija.

La forma en que se controlan las emisiones de contaminantes en las fuentes fijas se establece mediante Auditorías Ambientales. En este caso me enfoco al análisis de auditorías tendientes a vigilar el cumplimiento de las normas de concentración de contaminantes en el aire.

Las auditorías son la revisión exhaustiva de los equipos, operaciones, materias primas, combustibles y demás parámetros relacionados con un proceso productivo que nos permite conocer las causas y efectos de las descargas de contaminantes de una planta industrial sobre en sus alrededores.

Cuando realizamos una auditoría ambiental, nuestro objetivo es determinar si la fuente auditada se encuentra dentro de los límites de emisión establecidos en el país. Cuando la fuente auditada sobrepasa las normas, entonces, la auditoría ambiental será la herramienta para:

- 1) Determinar la causa de que no se cumpla con las normas. La auditoría nos deberá brindar la información, que nos indique que elementos son los que provocan que no se trabaje conforme a la norma; estos elementos pueden ser los procesos y los equipos, debido a que muchos de ellos resultan obsoletos para la función que realizan, y presentan eficiencias considerablemente bajas.
- 2) Establecer la o las modificaciones más convenientes para lograr cumplir con las normas, a fin de que estas medidas aplicadas a todas las fuentes localizadas en una entidad, ofrezcan una mejor calidad de aire para sus habitantes.

3.3.1 Antecedentes

Revisando los antecedentes históricos de las auditorías ambientales que se realizan en México, encuentro que, éstas se empezaron a consolidar a partir del año de 1971 (Viscaino, 1975).

En el año de 1972 sólo existía el reglamento sobre humos y polvos. En este reglamento se concedía a todas aquellas fuentes fijas que tuvieran emanaciones contaminantes a la atmósfera, un plazo de 30 meses para instalar y operar equipos anticontaminantes; durante este tiempo se estudio la situación de las industrias en México a fin de modificarlas, ampliarlas o reubicarlas para abatir y controlar las emisiones.

Para verificar que se cumplieran con los requisitos estipulados por el reglamento de humos y polvos fue necesaria la aprobación y supervisión de las autoridades ambientales. Es entonces cuando podemos hablar de que se realizaron por primera vez en México Auditorías Ambientales.

En el año de 1974, se realizó un censo nacional de empresas: industriales, comerciales, de servicios y otros (agropecuarios, de caza y de pesca); en este censo se contabilizaron 2023, 654 empresas a nivel nacional.

Por medio de una investigación se concluyó que eran 135,320 las empresas que se consideraban como contaminantes, de las cuales 2,927 eran de alta contaminación; 507,773 de mediana y 27,674 de baja.

En ese año se realizaron 135,320 inspecciones para determinar las empresas que serían posteriormente consideradas como de alta contaminación y se verificó que de éstas 1,686 estaban controladas y las restantes 739 estaban en proceso de instalación de equipos de control.

Para el día 30 de noviembre de 1976, se inspeccionaron para efectos de control 72,048 empresas.

Es así como la trascendencia de los trabajos en favor de mejorar las condiciones del aire ha ido en aumento con planes y programas como las cien acciones para reducir la contaminación del aire, emitidas durante el período presidencial de Miguel de la Madrid.

Otra base importante, en donde se consolido lo que serian después las auditorías ambientales, fue el programa para el control de emisiones contaminantes al aire provenientes de la industria en la zona metropolitana de la ciudad de México (Pacto Ecológico). Este programa firmado el 24 de marzo de 1992 contemplaba lo siguiente (Quadri y Sánchez, 1992):

- 1.- Verificación obligatoria de emisiones industriales
- 2.- Aumento de empresas verificadoras
- 3.- Capacitación de inspectores, auditores y verificadores, así como operadores de calderas y equipos de combustión
- 4.- Asesoría y apoyo tecnológico a la industria
- 5.- Actualizar y ampliar el inventario de emisiones industriales en la cuenca de México
- 6.- Ahorro de energía
- 7.- Modernización industrial
- 8.- Control y reformulación de solventes
- 9.- Financiamiento y modulo de atención
- 10.- Actualización y desarrollo de las normas existentes.

Para poder cumplir con los objetivos que se presiguen al término de una auditoria ésta deberá realizarse correctamente y la información que se obtenga presentarse en forma clara y completa.

Las características del formato que presenta la ProFePA para la realización de una auditoría ambiental resulta en muchos casos confuso para el industrial, por lo que éste queda al margen de la información que se maneja dentro del proceso de auditoria. El presente trabajo permitirá al industrial recabar en forma ordenada la información necesaria para la realización de la auditoria, facilitándole la introducción de los datos con ayuda de un programa de computadora, que le permitirá acceder a diferentes bases de datos con las cuales podrá llenar con mayor facilidad los cuestionarios. El giro al que pertenece la planta, su producto, los contaminantes que se esperan y los equipos de control recomendados para esa industria, se pueden presentar altas, bajas, cambios, consultas e impresión del cuestionarios de preauditoria.

Este reporte no será oficial y no podrá presentarse ante la ProFePA. Sin embargo ofrecerá una idea clara de las condiciones bajo las que opera la industria.

3.3.2 Como se realiza una auditoría ambiental en México

Las auditorías ambientales que actualmente se realizan en México estan a cargo de la ProFePA (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente), quien presenta las

características bajo las cuales se debe realizar una auditoría, aún cuando no es ella quien realiza de manera física la inspección.

Ante la exigencia de que los industriales presenten un informe de auditoría ambiental a la ProFePA, existen varias compañías dedicadas a la realización de las mismas. Este tipo de auditorías son solicitadas por el industrial a las compañías auditoras que hayan sido previamente autorizadas por la ProFePA, teniéndose que presentar un informe conforme lo establece SEDESOL.

Como se ha visto anteriormente, el estado tiene la responsabilidad de vigilar que se cumplan con las normas de emisión de contaminantes, para tal efecto se deben realizar AUDITORIAS AMBIENTALES periódicas, a todas aquellas industrias (fuentes fijas) que sean consideradas como contribuyentes a la contaminación del medio ambiente.

Pero, ahora que sabemos que la herramienta fundamental para verificar que se cumplan con las normas de emisión de un contaminante es una Auditoría Ambiental, establezcamos lo que es:

De acuerdo con la norma NMX-CC-7 (ProFePA, 1993): Una auditoría es una verificación metódica e independiente que permite conocer por medio de evidencias objetivas si las actividades y resultados satisfacen las disposiciones y requisitos preestablecidos y si estos están implantados de manera eficaz y adecuada para alcanzar los objetivos.

La EPA establece para los Estados Unidos: Una auditoría ambiental es una revisión sistemática, documentada, periódica y objetiva de las condiciones, operaciones y prácticas relacionadas con el cumplimiento de requisitos ambientales, que determina la adecuación y efectividad del sistema de administración de la organización.

Bases legales para la realización de auditorías ambientales

El fundamento legal que establece la necesidad de realizar auditorías ambientales en México se encuentra en el artículo 35, párrafo IX del Reglamento Interior de la Secretaría de Desarrollo Social y en el artículo 25 fracción I del acuerdo que regula la organización y funcionamiento interno del Instituto Nacional de Ecología y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente:

'Realizar auditorías ambientales a las empresas o entidades públicas o privadas de jurisdicción federal respecto de los sistemas de explotación, almacenamiento, transporte, producción, transformación, comercialización, uso o disposición de desechos, de compuestos o actividades que por su naturaleza constituyan un riesgo potencial para el ambiente, verificando los sistemas o dispositivos necesarios para el

cumplimiento de la normatividad ambiental, verificando las medidas y capacidad de las empresas para prevenir o actuar en caso de contingencias o emergencias ambientales" (ProFePA, 1993).

De acuerdo con la ProFePA son consideradas como actividades riesgosas; entre otras:

- Explotación de compuestos
- Almacenamiento de compuestos
- Transporte de compuestos
- Producción de compuestos
- Transformación de compuestos
- Comercialización de compuestos
- Uso y disposición de desechos de compuestos.

El fin que perseguimos con la realización de una auditoría ambiental es, según el artículo 25 párrafo III del Acuerdo que Regula la Organización y Funcionamiento Interno del Instituto Nacional de Ecología y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente:

"Determinar las medidas correctivas y las acciones preventivas, estudios, proyectos, obras, programas o procedimientos que deberá realizar la empresa u organismo auditado, así como los plazos de cumplimiento para lograr que las emisiones la atmósfera se encuentren dentro de la norma establecida".

También en el artículo 38, párrafo sexto del Reglamento Interior de la Secretaría de Desarrollo Social y el artículo 25, en su párrafo segundo del acuerdo que regula la organización y funcionamiento interno del Instituto Nacional de Ecología y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente hacen referencia al propósito hacia el que esta encaminada la realización de auditorías ambientales:

"El propósito de una auditoría ambiental es asegurar que el sistema auditado es adecuado y suficiente para proteger el ambiente, así como es responsabilidad del sistema auditado asegurar el desarrollo efectivo de su política ambiental para proteger el medio".

Analicemos ahora cada una de las partes de que se constituye una auditoría ambiental.

El programa de auditoría ambiental se basa en los siguientes elementos básicos:

- a) Pre-auditoría (Planeación de la auditoría)

- Manual de la auditoría (cuestionarios)
 - b) Auditoría (Realización de la auditoría)
 - c) Post-auditoría (Informe de la auditoría)
- Recomendaciones.

Planeación de la auditoría

La planeación de la auditoría es la etapa preliminar del programa de auditoría. Existen un número de decisiones que deberán ser tomadas antes de desarrollar el programa.

Dentro de esta etapa se plantean principalmente los objetivos y el alcance de la auditoría, en este último se determina cuales son las bases legales aplicables -si se trata de un caso particular-.

Una vez que el alcance ha sido definido, los objetivos de la auditoría serán planteados. Dentro de estos se determinará cuales son los propósitos de la auditoría que se realiza a cada industria.

Con el alcance y los objetivos definidos, la estructura del sistema de auditoría deberá entonces desarrollarse. Otra decisión importante de la pre-auditoría es decir si la auditoría deberá ser anunciada o sorpresiva (en caso de que se realice por parte del Estado), teniendo también en cuenta que puede ser solicitada a empresas auditoras privadas de manera independiente por parte de los empresarios.

Las decisiones previas involucran el desarrollo y uso de los cuestionarios pre-visita, el número de auditores necesarios y la duración de la auditoría dependiendo del tamaño de la instalación o planta industrial.

MANUAL DE LA AUDITORÍA Y CUESTIONARIO PREVISITA

El manual de la auditoría es la herramienta básica proporcionada por el industrial para ayudar al auditor en la realización de la auditoría.

Este manual esta diseñado para proporcionar al industrial la serie de procedimientos o documentos detallados sobre la auditoría, e incluye el cuestionario pre-visita.

En este cuestionario se proporcionará la información legal a la que se encuentra sujeta la empresa y la información básica necesaria para conducir la auditoría.

La pre-auditoría involucra el llenado del cuestionario pre-visita, la revisión de las copias de las legislación adecuada y los permisos pertinentes así como la familiarización con los procesos de la planta.

Realización de la auditoría

Comprende las siguientes actividades:

- 1) Inspección del documento de trabajo. En esta fase todos los permisos, comunicados de violación, etc. deberán ser revisados para evaluar su grado de cumplimiento.
- 2) Inspección en el sitio a auditar. Esta porción de la auditoría recae en la experiencia técnica y en la visión del auditor.
- 3) Toma de muestras, realización de análisis, etc.

Informe de la auditoría

En una entrevista post-auditoria, el auditor da a conocer al encargado de la planta las impresiones obtenidas al realizar la inspección durante el proceso de auditoría. Además durante esta fase, podrán discutirse las recomendaciones propuestas por el equipo de auditoría, para el control de emisiones de contaminantes.

En la redacción del informe de auditoría cada miembro deberá escribir su porción del informe, señalando los posibles problemas de incumplimiento de la legislación, indicando sus recomendaciones.

Este informe se diseña escribiendo todas las fallas encontradas durante la realización de la auditoría y las recomendaciones hechas en relación a las acciones correctivas para eliminar dichas fallas. Este documento será presentado al gerente de la empresa así como al encargado de la operación de la planta.

Finalmente el reporte de la auditoría ambiental será entregado a la ProFePA en los siguientes términos:

- 1) Carta de cumplimiento o liberación del supervisor.
- 2) 5 tantos del volumen I conteniendo el resumen ejecutivo.
 - Síntesis
 - Dictamen
 - Plan de acción
 - Anexos
- 3) 1 tanto del volumen II conteniendo el informe de auditoría.
 - Generalidades
 - Instalaciones y área circundante
 - Lineamientos ambientales

Registros ambientales

Resultados del plan de auditoría

Dictamen

Plan de acción

Comentarios

- 4) 1 tanto del volumen III conteniendo los anexos
- 5) 1 disquette de 3 ½ conteniendo la información del Resumen Ejecutivo y del informe de auditoría, con:
 - i) Identificación de la auditoría
 - ii) Identificación del contenido clasificado conforme al índice dispuesto por el auditor
 - iii) La información deberá entregarse digitada en el paquete denominado word versión 2.0.

Para mayor información del contenido de los volúmenes I, II y III, ver los términos de referencia para la realización de Auditorías Ambientales, expedida por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Subprocuraduría de Auditoría Ambiental, Unidad de Operación (ProFePA, 1993).

4 INDUSTRIA

Como se ha mencionado con anterioridad las fuentes fijas emisoras de contaminantes se sitúan como uno de los dos factores más importantes de la contaminación del aire.

A lo largo de su desarrollo las zonas industriales concentran a su alrededor numerosas colonias de trabajadores que junto con sus familias se trasladan a sílios más cercanos a su centro de trabajo. Este fenómeno trae como resultado la formación de ciudades industriales.

El crecimiento incontrolado del sector industrial y la falta de control de los efluentes contaminantes ha provocado el problema ambiental actual.

4.1 Clasificación

El caso de la Ciudad de México, la metrópoli más grande del mundo, las principales industrias instaladas en la zona son:

- Celulosa y papel
- Industria textil
- Industria química
- Industria del vidrio
- Alimentos y bebidas
- Cerámica y otros minerales no metálicos
- Metálica ferrosa
- Otras industrias

Todas estas industrias tienen grandes consumos de energéticos primarios, bien sea combustóleo o gas natural, que como se sabe al quemarse despiden diversos residuos contaminantes.

En México como en otros países (E.U., Inglaterra), los contaminantes que se toman como criterio para determinar la calidad del aire son: SO_x, NO_x, PST, HC y CO.

Como vimos en el capítulo anterior las acciones encaminadas a reducir la contaminación provocada por las industrias, comenzaron de manera formal en el año de 1971; desde esa fecha hasta ahora se han venido realizando reformas y planes de contingencia ambiental tales como el hoy no circula. En el año de 1987 se emprendió un plan de acciones tendientes a reducir y controlar la contaminación

dentro de la ciudad de México. De entre estas acciones, las aplicadas a la industria encontramos las siguientes:

Acción 19. Decreto de control de la contaminación industrial y uso de agua en zonas críticas. Este decreto se encargaba de limitar los niveles de crecimiento de la planta industrial, estableciendo como restricción principal el estricto cumplimiento de las normas establecidas para los contaminantes.

Acción 20. Se exige que la industria utilice equipo anticontaminante para controlar sus emanaciones.

Acción 21. Se realizan acciones de promoción fiscal para intensificar la adquisición de equipo anticontaminante, así como asesoría para su instalación.

Acción 22. Las Auditorías Ambientales se hacen más estrictas para los procesos de combustión, y se comisionan 150 auditores.

Acción 23. El programa contempla también reducir los factores de emisión (CO, PST, SO₂, NO y HC).

Acción 24. Se promueve la reubicación de las industrias.

Acción 25. Se dictan normas y reglamentos de emisión de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos, así como de metales pesados.

Acción 26. Se hacen inventarios encaminados a cuantificar las fuentes fijas que producen contaminantes.

Acción 27. Se realiza también un inventario para saber la cantidad de industrias riesgosas que existen en la ciudad.

Acción 28. Las plantas termoeléctricas deben realizar reparaciones durante el invierno para reducir sus emisiones en esta época. De igual manera se busca la posibilidad de sustituir el combustóleo por el gas LP.

Acción 29. Se promueve el ahorro de energía.

Acción 30. No se autoriza ninguna ampliación de la refinería 18 de Marzo (posteriormente será cerrada totalmente).

Acción 31. Se busca la reubicación de plantas fundidoras.

Acción 33. Se mejora e incrementa la difusión del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA).

Acción 35. Para ese año se inicia el funcionamiento del Laboratorio Central de SEDUE.

Acción 36. Se realiza una exposición de equipo anticontaminante (ECOTEC 87).

Podemos darnos cuenta de que muchas de estas acciones se sostienen hoy en día, con algunas omisiones o adiciones como lo es la de mejorar los combustibles más utilizados para el transporte (magna-sin y diesel-sin).

Pero, para tener una idea más clara sobre la contribución de la industria a la contaminación del aire, veamos las emisiones que se registran en la Ciudad de México y las industrias que las producen (Quadri y Sánchez, 1992).

Bióxido de azufre

En la ciudad de México se emiten 41 mil toneladas anuales de SO₂ anuales, del cual un 49% es responsabilidad de la industria de la celulosa y el papel, el 16% corresponde a los textiles y el resto a otras industrias.

El SO₂ es el compuesto que más contribuye a la contaminación producida por la industria.

NO_x

Se deriva de la combustión del gas y del combustóleo. Entre las industrias que se encuentran como las mayores contribuyentes de este elemento están la del vidrio, la industria química y los fabricantes de celulosa y papel.

PST

El tercer contaminante industrial en importancia son las partículas. Es importante tomar en cuenta que estas cuando provienen de la combustión se convierten en contaminantes de mayor toxicidad. La contribución que la industria hace de este contaminante es de 2984 toneladas al año, de las cuales la industria del papel produce aproximadamente un 50%.

HC

Los hidrocarburos se consideran de producción más reducida, son el producto de la combustión incompleta del gas y del combustóleo; su producción anual no rebasa las 2000 toneladas.

CO

Por último tenemos el monóxido de carbono que es el contaminante de menor toxicidad, se producen al rededor de 1300 toneladas anuales.

Además de lo que nosotros llamamos "industria", debemos tener en cuenta que los establecimientos de servicios pueden en algunos casos ser considerados dentro de este rubro ya que su contribución a la contaminación del aire resulta significativa. Los establecimientos de servicios que más contribuyen a contaminar el aire en esta ciudad son:

Alimentos (restaurantes, locales de pollos rostizados, pollos a la leña y otros), baños, deportivos, hospitales, hoteles, molinos, panaderías, tortillerías, tintorerías (Quadri y Sánchez, 1992).

Estos establecimientos deben su contribución a la contaminación al uso que hacen de gas LP, combustóleo, gasoleo, diesel y petróleo diáfano.

Aun cuando existen otros contaminantes del aire estos no son incluidos en este trabajo por considerarlos de baja toxicidad y poca producción.

Industrias establecidas en México

****Industrias de alimentos y bebidas:*** Fabricantes de productos alimenticios; obradores de tocinería; empacadoras de carne; de dulces, chicles y chocolates; empacadoras y enlatadoras de productos alimenticios; de hielo; tostadores y molinos de café; embotelladoras; industrias lácteas; industriales arroceros; proveedores de ingredientes para la industria alimenticia animal; fabricantes de vinos y licores; de gelatinas; de manteca de cerdo; industriales beneficiadores de grano, cereales y otros productos alimenticios; de alimentos balanceados para animales; de galletas y pastas alimenticias; vinicultores y otros derivados de la uva fresca; de concentrados, polvos y jarabes para preparar bebidas, dulces o postres y fabricantes de botanas.

****Industrias técnicas de servicios:*** Servicios automotrices; reconstructores y rectificadores de motores; industriales cerrajeros; talleres de reconstrucción y servicio de radiadores; heliografistas y fotocopistas.

****Industria mueblera:*** Fabricantes de muebles de madera; muebles para oficina y muebles y equipos de cocinas integrales.

****Industria metal-mecánica:*** Fabricantes de artículos de alambre, tornillos y tuercas; fundiciones; talleres metal-mecánicos; refrigeración, manejo y acondicionamiento de aire; fabricantes de artefactos de lámina; de artículos mecánico-eléctrico para uso doméstico y similares; de artículos de metales no ferrosos; de equipo mecánico-eléctrico para uso industrial; de artículos de aluminio; de juguetes; de herramientas; de electrodos; industrias del neon y anuncio exterior; fabricantes de forja, troquelado y estampado; de máquinas y equipos de oficina; de equipo contra incendio; industriales de la galvanoplastia; de cerraduras, candados y similares; de equipo para profesionales de la medicina.

**Industria automotriz.* Fabricantes de balatas, pastas para clutch y materiales de fricción, industrias de autopartes: fabricantes de automóviles; de vehículos recreativos, conversiones, artículos de campismo y deportivos; de carrocerías; de remolques y semi-remolques.

**Industria de bienes de capital:* Fabricantes de maquinaria, componentes y partes para maquinaria; de equipo, partes y servicios para la industria azucarera y derivados; de bombas para el manejo de fluidos; de recipientes a presión para procesos físico-químicos; de equipo para tratamiento y servicios del agua; de transportadores y equipo para el manejo de materiales; de troqueles, moldes, dispositivos y modelos para fundición; de instrumentación industrial; de maquinaria y equipo para construcción y minería; de máquinas herramientas; de gruas y polipastos; de maquinaria e implementos agrícolas y de calderas.

**Industria elaboradora de artículos de papel cartón y escritorio:* Fabricantes de formas continuas para negocios e impresiones; de artículos de papel, escolares y de escritorio; de cartón gris y lámina de cartón; fotógrafos; fabricantes de cajas y evases de cartón y laboratorios de proceso fotográfico.

**Industria química y paraquímica:* Industrias químicas de proceso; materias primas minerales industrializadas; fabricantes de sabores y colorantes para alimentos y fragancias; industrias paraquímicas; fabricantes de pintura y tintas para artes gráficas; industria petroquímica; fabricantes de loza, cerámica y refractarios; de aerosoles; de plaguicidas y fertilizantes agrícolas; de productos para el aseo del hogar; de artículos de plástico; diluyentes y adelgazadores; y formuladores de agroquímicos; de farmoquímicos; de productos químicos automotores; de especialidades químicas para mantenimiento y limpieza industrial.

**Fabricantes de productos y materiales para la construcción:* Herrerías, fabricantes de tubería de concreto reforzado; de artefactos de madera; de concreto premezclado; de materiales para la construcción; de productos de arcilla extruida; de mosaicos; de productos de concreto prefabricado y reforzado e industriales del mármol.

**Industrias Diversas.* Fabricantes de persianas, cortinas y cortineros metálicos; industriales de la parafina; de vidrio y cristal; de colchones, borras, estopas y guatas; de artículos de piel; de materiales, equipos y artículos dentales; industrias varias; talleres y laboratorios eléctricos y electrónicos; fabricantes de artículos de cuero para

uso industrial, talleres de vulcanización, plantas renovadoras de llantas; industrias recicladoras de sub-productos de origen animal; laboratorios de prótesis dental; fabricantes de artesanías de hojalatería, alfarería y otros; industrias ópticas.

Dentro del llenado de Auditoría veremos con detalle cuáles son los contaminantes que emanan de cada industria.

4.1.1 Vías de emisión

¿Cómo despiden sus contaminantes las industrias?. Empecemos por decir que existen tres vías por las que una operación industrial puede desechar sus contaminantes atmosféricos, que son: chimeneas, ductos y emisiones fugitivas.

Chimenea

Una chimenea es un conducto que descarga humo o vapor de agua procedente de un hogar, horno, motor, etc. (Parker, 1983). Esta definición de chimenea resulta insuficiente para entender su verdadero objetivo, ya que una chimenea no sólo es un ducto de descarga, sino que su construcción tiene como objetivo el de lanzar y dispersar los gases, humos y vapores contaminantes, para evitar la elevada concentración de estos a nivel del suelo.

En la mayoría de los centros urbanos existe una reglamentación para la construcción de las chimeneas en la que se establece su altura, dimensiones transversales y en algunos casos su estética. Cuanto más alta sea mayor tiempo tendrán sus emisiones para dispersarse antes de llegar al suelo.

En muchos casos, los gases salen calientes, por lo que suben después de salir de la chimenea y se dispersan con mayor facilidad. La velocidad que se logra con un tiro inducido (tiro forzado mediante un ventilador) ayuda también a una mayor dispersión (Maurice, 1982).

Para los propósitos de este trabajo una chimenea es un ducto de diámetro interno mayor a 30 centímetros.

Ducto

Los ductos conducen gases y vapores al igual que las chimeneas, pero la diferencia estriba en que un ducto es menor a 30 centímetros de diámetro y generalmente es de geometría rectangular.

Por otra parte mientras que las chimeneas en general conducen y arrojan sus emisiones en forma vertical, los ductos lo pueden hacer horizontalmente. Además, los

ductos no tienen la finalidad de lograr grandes alturas de emisión para una mejor dispersión como lo hacen las chimeneas.

La principal diferencia entre chimeneas y ductos que se reconocerán de aquí en adelante es el diámetro interno, por lo tanto la técnica de muestreo a emplear.

Emisiones fugitivas

Se llaman emisiones fugitivas a aquellas emisiones que se efectúan sin utilizar ninguna guía. Es decir se disipan en el mismo lugar en el que se producen, y generalmente ocurren a nivel del suelo.

Para el adecuado manejo de estas emisiones es recomendable concentrarlas, mediante sistemas de extracción, para conducir las hacia un equipo de control o al exterior donde pueda disiparse.

4.2 Equipos de control

Existe un gran número de factores que se deben considerar antes de seleccionar un equipo de control de contaminación atmosférica. En general, estos factores pueden ser agrupados en dos categorías: técnicos y económicos.

Desde el punto de vista técnico es importante considerar: localización del equipo; espacio disponible; condiciones del ambiente; emisiones máximas permisibles y consideraciones estéticas (cuando existen emisiones visibles) y para lograr un diseño adecuado del equipo es indispensable conocer: las propiedades físicas y químicas de las corrientes contaminantes a tratar, su concentración, forma de emisión (ducto, chimenea o emisiones fugitivas), flujo volumétrico, temperatura, presión, humedad, composición, viscosidad, densidad, reactividad, corrosividad y toxicidad.

En cuanto a los costos del equipo se debe tener presente: costos de capital (equipo, instalación, ingeniería, etc.), costos de operación (servicios, mantenimiento, etc.), tiempo de vida esperado del equipo y valor de recuperación.

A continuación se describen los equipos más utilizados por la industria para controlar sus emisiones.

Partículas

En lo referente a la colección de partículas, existen diversos principios físicos que se consideran básicos en la operación de los colectores, estos principios son:

Fuerzas gravitacionales.- Estas fuerzas actúan cuando las partículas son transportadas por una corriente de aire, de manera que cuando la velocidad de esa

corriente de aire se reduce, muchas de las partículas, específicamente las más pesadas, se depositan en la parte inferior del colector.

Fuerzas inerciales.- Cuando hacemos cambiar la dirección de una corriente de aire que transporta partículas, dado que las partículas presentan mayor tamaño tienden a continuar su movimiento en línea recta, chocando con las paredes del colector y separándose del flujo y asentándose en el fondo.

Filtración.- Se realiza cuando una corriente de aire saturada con materia particulada pasa a través de un material poroso. Las partículas son retenidas en la superficie el aire limpio pasa a través de los poros.

Precipitación electrostática.- Se logra cargando eléctricamente las partículas. Estas partículas cargadas son entonces atraídas hacia las paredes de carga opuesta y de esta forma se eliminan de la corriente de aire.

Lavadores de gases.- La corriente de aire que transporta las partículas pasa a través de un rociador de agua, cuando las partículas entran en contacto con el agua entonces aumentan su peso y se precipitan en el fondo del colector.

Todos los métodos de colección de partículas emplean en su operación uno o más de estos principios. La eficiencia de colección está de acuerdo con el tamaño de las partículas, las de mayor tamaño son mucho más eficientemente removidas.

Gases

Los métodos utilizados para el control de gases y vapores, son principalmente los siguientes:

Absorción.- Es un proceso de transferencia de masa gas líquido (difusión controlada). La eficiencia de la absorción en el control de la contaminación atmosférica está dada por la facilidad con la cual los contaminantes pueden ser transferidos a través de la interfase hacia la fase líquida. Este fenómeno es beneficiado por velocidades de difusión altas, mayor solubilidad, grandes áreas de contacto y turbulencia.

Adsorción.- es un proceso gas-sólido en el cual los gases y vapores son concentrados sobre la superficie y en el interior de los poros de un material adsorbente. se denomina adsorbato al material que está siendo removido y adsorbente a la fase sólida. las variables importantes del proceso de adsorción son la temperatura, la presión y la composición los adsorbatos y el adsorbente.

Condensación.- Este método de separación consiste en llevar hasta la saturación a un gas y lograr que los contaminantes sean condensados para formar un líquido.

Reacción química.- Los contaminantes pueden ser disueltos en un líquido o entrar en contacto con algún reactivo para llevar a cabo su neutralización. Algunas de estas reacciones producen precipitados que pueden ser fácilmente removibles del líquido.

Incineración.- Existen dos procesos: el primero de ellos es el denominado oxidación térmica, y depende del contacto entre el contaminante y una flama de combustión de alta temperatura que oxida los contaminantes. El segundo proceso es la oxidación catalítica, en la cual la corriente de gas es precalentada y pasa a través de un lecho catalítico donde el catalizador inicia y promueve la oxidación de los compuestos orgánicos sin sufrir alteraciones.

4.2.1 Partículas

Los principales equipos para el control de partículas son:

Colectores mecánicos

Los colectores mecánicos proporcionan una técnica adecuada en el tratamiento de corrientes gaseosas con material particulado, preferentemente si dichas partículas son razonablemente grandes. Frecuentemente este tipo de colectores son colocados antes de otros equipos de control. Estos equipos requieren de un consumo mínimo de potencia y en ellos no existen riesgos de corrosión:

Cámaras de sedimentación.- Son compartimientos cerrados donde la velocidad del gas acarreado es reducida lo suficientemente como para permitir el asentamiento de las partículas por las fuerzas gravitacional y de inercia. Las partículas entre 40 y 100 micras de diámetro son eficientemente colectadas con esta técnica, disminuyendo la eficiencia para partículas finas de menos de 10 micras de diámetro (Parker, 1983; Lund et al, 1971; CMN, 1973; Ross et al, 1974).

Una variación de las cámaras de asentamiento simples son las cámaras de sedimentación con desviadores de choque. La adición de los desviadores incrementa la eficiencia de colección, debido a que el gas de entrada sufre un cambio brusco de dirección en su trayectoria hacia la salida; este cambio de dirección permite que las partículas de polvo de mayor tamaño, debido a su momentum, puedan escapar de la corriente gaseosa y sedimentarse más rápidamente en el fondo del colector.

Estos equipos pueden ser usados para coleccionar partículas entre 10 y 50 micrometros de diámetro. Al igual que las cámaras simples son altamente confiables y sus costos de instalación y mantenimiento son bajos.

Ciclón .- Es este probablemente, el aparato de limpieza de gases más sencillo de alta eficacia de que se dispone (Parker, 1983; Wark y Warner, 1981; Ross et al, 1974; Ráo, 1991).

Cuando se habla de un ciclón en lo referente al control de partículas se habla de un dispositivo que tiene como principio la fuerza centrífuga.

Los ciclones están formados por un cilindro con una entrada tangencial a través de la cual se introduce el gas cargado de partículas, el gas limpio sale por una tubería axial en la parte superior y en el fondo tiene una base cónica y una tolva para facilitar la colección y remoción del polvo.

Los colectores tipo ciclón presentan grandes márgenes de confiabilidad, además de que son fáciles de instalar, con bajos costos de inversión, fácil mantenimiento y tienen la capacidad de operar a altas temperaturas.

Estos equipos encuentran aplicación en fábricas de cemento, industrias metal-mecánicas, de alimentos y molinos de granos, plantas de asfalto y refinerías petroleras.

Lavadores por vía húmeda

Los lavadores por vía húmeda son equipos usados para eliminar partículas y nieblas y en algunas ocasiones para neutralizar ciertos gases. En los lavadores por vía húmeda se utiliza un líquido, que casi siempre es agua, que se agrega en forma de rocío o de corriente. De este tipo de equipos tenemos:

Lavadores de rocío.- Estos lavadores son los más simples de los equipos de remoción de partículas por vía húmeda. Consisten básicamente de una cámara por la que se hace pasar una corriente gaseosa saturada con partículas, en la parte superior de esta cámara se encuentran varios aspersores de agua que logran el efecto de rocío sobre la corriente de gas; como consecuencia las partículas al mojarse aumentan su peso y se precipitan en el fondo de la cámara de donde pueden ser removidos con mayor facilidad (Ross et al, 1974; Ráo, 1991, Parker, 1983).

Torres de aspersión.- Estas torres operan basadas en los principios de la absorción. Los contaminantes en forma de gases o nieblas son transferidos desde la corriente gaseosa hacia el líquido lavador, en tanto que el gas no alcance la condición de saturación de equilibrio en la corriente líquida.

En este tipo de lavador se producen gotas por medio de boquillas de rocío y estas atraviesan la corriente de gas en ascenso, las gotas deben tener tamaños que varíen de 500 a 1000 micrómetros de diámetro. Esto proporciona una eficiencia de remoción

óptima y asegura que la mayoría de las gotas tendrán una velocidad de sedimentación mayor que la velocidad ascendente de la corriente del gas.

La instalación y operación de las torres rociadoras es relativamente económica, pero el costo del manejo del agua de desecho puede ser alto

Lavadores ciclónicos de rocío.- Son una modificación de los ciclones y lavadores anteriormente descritos, en los cuales la eficiencia de recolección de gotas de rocío se incrementa, aumentando la velocidad relativa entre el gas sucio y las partículas líquidas. Los lavadores ciclónicos de rocío, tienen la ventaja de usar fuerza centrífuga dentro de la corriente de gas.

Lavadores de platos.- Los lavadores de platos utilizan una placa de choque. Dicha placa consiste en una hoja perforada que tiene entre 600 y 3000 orificios por pie cuadrado, y un conjunto de deflectores de choque acomodados de tal forma que uno de estos queda ubicado directamente sobre cada perforación, en la vena contracta de los chorros de gas (Ross et al, 1974; Lund et al, 1971; Wark y Warner, 1981).

El gas penetra en la base de la torre rociadora en donde se separa el polvo más grueso. Los rociadores sirven para regar la base de la primera placa, con el fin de minimizar los depósitos y atomizar el líquido en gotas del orden de 100 micrómetros de diámetro. Estas gotas, y no los deflectores, son en realidad los cuerpos recolectores del lavador.

Lavadores de torre empacada.- estos se utilizan principalmente para destilación o absorción y pocas veces para la recolección de partículas. Estas excepciones incluyen el uso de lechos de coque y piedra que adsorben nieblas de ácido sulfúrico. Los filtros de arena se emplean para la eliminación de desechos radioactivos así como lavadores de polvo y neblina (Ross et al. 1974)

El mecanismo de recolección en las torres empacadas es el impacto por inercia. Este equipo tiene incorporado un sistema de distribución del líquido en la parte alta de la torre, el cual fluye sobre un lecho de empaques acomodados en forma aleatoria. El empaque aleatorio puede estar formado por empaques de piedra o por empaques con formas diseñadas técnicamente, que intentan maximizar el área de contacto y minimizar la caída de presión. El flujo de gas puede introducirse a contra corriente (generalmente el agua fluye hacia abajo por gravedad), a corriente cruzada o en corriente paralela. Los equipos más comunmente instalados son de diseño de flujo a contracorriente, los cuales requieren altas relaciones líquido-gas y son más eficientes entre más alta es la carga de partículas. Los lavadores de lecho empacado son más caros de instalar y operar que las torres de rociado, principalmente por el costo de disposición de las aguas de desecho.

Precipitadores electrostáticos

La aplicación de precipitadores electrostáticos se inicio hace aproximadamente 60 años. Son generalmente usados para material particulado transportado por corrientes gaseosas que pueden ser fácilmente ionizadas (Ross et al, 1974; Lund et al, 1971; Wark y Warner, 1981; Parker, 1983; CMN, 1973).

Los mecanismos funcionales de la precipitación electrostática son los siguientes.

- i) Ionización del gas
- ii) Recolección de las partículas mediante:
 - a) generación de un campo electrostático para provocar la carga y movimiento de las partículas de polvo
 - b) retención del gas para permitir el movimiento de las partículas hacia una superficie de recolección
 - c) prevención del arrastre de las partículas recolectadas
 - d) separación de las partículas recolectadas del equipo

En el caso de partículas líquidas se produce coalescencia y la película líquida desciende a lo largo de los electrodos.

Un típico precipitador electrostático consiste de un arreglo de alambres o rejillas en paralelo cargadas negativamente y unas placas colectoras cargadas positivamente. Se aplica alto voltaje entre los electrodos negativos y las placas de colección positivas, produciendo un campo electrostático entre los dos elementos; en el espacio libre entre los electrodos se produce una corona (tipo de descarga local que no se llega a propagar) alrededor del electrodo cargado negativamente. Como las partículas

que se encuentran en el gas pasan a través de este espacio, la corona ioniza las moléculas de los gases electronegativos (O_2 , CO_2 , SO_2) presentes en la corriente gaseosa. Estas moléculas se adhieren al material particulado que es introducido en la corriente gaseosa, con lo cual las partículas son cargadas y migran hacia las placas de colección opuestamente polarizadas. La remoción de las partículas adheridas a la pared del equipo se efectúa por medio de sacudidores que hacen vibrar la placa de colección, y las partículas caen dentro de las tolvas de colección.

Las principales ventajas de los precipitadores electrostáticos son: su confiabilidad, bajos requerimientos de mantenimiento y de potencia, alta eficiencia de colección en un intervalo amplio de tamaño de partículas y la capacidad de operar con corrientes gaseosas húmedas.

Filtración en seco

La filtración es el método más antiguo utilizado para separar materiales suspendidos en gases. Los medios filtrantes pueden ser:

- i) lechos de grava o arena con o sin limpieza incorporada
- ii) papel poroso; esferas fibrosas, que normalmente son filtros fijos
- iii) filtros de tela o de fieltro, normalmente con limpieza incorporada

Los componentes básicos de un sistema de filtración en seco incluyen un medio filtrante en forma de bolsas, un soporte de las bolsas, un conducto para el gas y un mecanismo para desprender de las bolsas el polvo acumulado (Wark y Warner, 1981; Parker, 1983; Rao, 1991; Ross et al, 1974).

El gas cargado de partículas normalmente se introduce en la parte inferior del sistema de filtración cercano a las tolvas de colección. Este gas asciende a través del equipo por la parte externa o interna de las bolsas, dependiendo del diseño. La colección de las partículas se lleva a cabo por medio de numerosos mecanismos, entre ellos: impacto inercial, difusión, filtración directa, atracción electrostática y asentamiento gravitacional.

La principal ventaja de controlar las emisiones de partículas con filtros de tela es la eficiencia de colección uniforme sobre un amplio intervalo de tamaños de partícula.

Un buen diseño puede ofrecer una eficiencia arriba del 99%. Algunas de las causas de ineficiencia de los filtros son: el no advertir daño en la tela, sellados defectuosos o fugas.

Los filtros de tela son frecuentemente puestos en serie después de un colector mecánico para capturar las partículas pequeñas no colectadas.

El uso de este tipo de medios para eliminar partículas contenidas en una corriente de gas se aplica típicamente a hornos de cemento, chimeneas de hornos, altos hornos de acero y en operaciones de manejo de granos.

4.2.2 Gases

Las técnicas y los equipos usados para controlar un contaminante gaseoso dependen de las propiedades específicas del gas, y son: absorción, adsorción, e incineración. Aunque los equipos que aplican estos métodos son inicialmente diseñados para controlar emisiones gaseosas, algunos pueden ser usados para reducir partículas.

Absorción

Los equipos de absorción contienen un absorbente líquido a través del cual pasa la corriente del gas efluente. La eficiencia depende de: la magnitud del contacto superficial entre el gas y el líquido (a mayor superficie existe una mayor absorción); el tiempo de contacto; la concentración del medio de absorción (líquido) y la velocidad de absorción entre el absorbente y el gas (Parker, 1983; Ross et al, 1973; Wark y Warner, 1981).

Uno de los problemas de operación en el uso de este equipo es que la temperatura debe permanecer abajo de los 100 C para mantener el absorbente en estado líquido, lo cual significa que la corriente del gas no puede ser tratada sin previo enfriamiento. Además es necesaria la instalación de unos separadores para prevenir el acarreo del absorbente.

Las aplicaciones de los equipos de absorción incluyen la remoción de SO_x en gases efluentes de quemadores que utilizan carbón, SO_x de los gases de fundición, vapores de ácido sulfúrico provenientes de la manufactura de pigmentos, sulfuro de hidrógeno del gas natural y de los gases de refinación del petróleo, cloro gaseoso producido en procesos químicos, halógenos, bióxido de carbono, bióxido de nitrógeno de industrias que producen ácido nítrico y sulfúrico, así como cloruro de hidrógeno gaseoso proveniente de procesos de platinado.

Las torres empacadas para el control de contaminantes gaseosos son efectivas para remover nieblas (partículas líquidas de 10 micrometros, o menos, formadas por la condensación de moléculas de la fase vapor).

Una torre de platos esta formada de una gran cantidad de platos perforados, espaciados uniformemente. Las burbujas de gases y vapores ascienden a través de

los orificios de cada plato. Resulta claro que los orificios son de un diámetro tal que permiten al líquido formar un tapón que los gases tienen que atravesar. En un extremo de cada plato se coloca un conducto que se llama vertedor y sirve para facilitar el paso descendente del líquido.

Las torres de rociado para gases realizan las mismas funciones y poseen elementos idénticos que las torres de rociado utilizadas para partículas.

El sistema lavador de chorro líquido está conformado por dos cámaras en una de las cuales, el absorbente entra por la parte superior en forma de chorro disperso a contracorriente del gas, que se introduce por un ventilador de tiro inducido. El chorro genera pequeñas gotas de líquido que atrapan las partículas pequeñas, incrementando de esta forma la eficiencia de colección. Los gases no condensables son expulsados por la otra cámara.

Un tanque agitado es un depósito con agitación, que origina una turbulencia para mezclar el absorbente y el gas que entra y choca contra las mamparas y platos colocados a un costado. Esta turbulencia hace que la absorción de los gases sea mucho más satisfactoria cuando el efluente contiene gases contaminantes y partículas.

Adsorción

La adsorción es un fenómeno basado en la reacción de los gases con un sólido adsorbente lo cual ocurre cuando las moléculas o átomos son concentrados únicamente en la interfase del sólido. Este mecanismo se lleva a cabo mediante el paso del gas efluente a través del sólido adsorbente contenido en un equipo de colección (Ross et al, 1974; Wark y Warner, 1981).

Incineración. Una gran cantidad de compuestos orgánicos emanados de diversos procesos industriales pueden ser convertidos a compuestos inofensivos como CO_2 y H_2O por medio de combustión (oxidación rápida).

Para obtener una combustión completa deberá suministrarse la adecuada proporción de oxígeno, temperatura, turbulencia y tiempo. La turbulencia es una condición necesaria ya que esta proporciona un adecuado mezclado entre el oxígeno y la sustancia combustible durante el tiempo que se realiza la reacción (Lund et al, 1971; Wark y Warner, 1981; Ráo, 1991).

Los métodos de incineración de gases se pueden clasificar en: combustión en hornos, combustión a la flama y combustión catalítica.

La *incineración en hornos* requiere un combustible auxiliar y se realiza en una cámara de combustión. La oxidación térmica del gas contaminante a CO_2 y vapor de agua, se completa en una flama alimentada con combustible que eleva la temperatura del incinerador entre 1000 a 1500 F. Una pequeña flama azul intensa, permite completar la oxidación dentro de un espacio confinado. La combustión en hornos puede ser usada para controlar metilmercaptanos, sulfuro de hidrógeno y olores de sulfuro de metilo; vapores de pintura y esmaltes (Lund et al, 1971; Wark y Warner, 1981; Ráo, 1991).

La *combustión directa o incineración a la flama*, se lleva a cabo mezclando directamente gas combustible que es contaminante con aire, para producir una flama. Un piloto eléctrico es usado en la parte alta de la chimenea para la ignición de la flama.

Todas las plantas de proceso que manejan hidrocarburos, hidrógeno, amoníaco, cianuro de hidrógeno u otros gases tóxicos y peligrosos están sujetos a condiciones de emergencia, las cuales ocasionalmente requieren un inmediato desprendimiento de grandes volúmenes de tales gases para proteger la planta y al personal. Las flamas de combustión son el mejor medio para la destrucción de estos contaminantes.

La *combustión catalítica* es un proceso que se realiza a baja temperatura y es usado cuando los gases sirven de refrigerante o limpiadores; esto es, cuando la corriente de gas contiene material combustible gaseoso o vaporizado con poca cantidad de material particulado.

Los gases del proceso, a una temperatura de aproximadamente 600 F. son dirigidos hacia un techo de material catalítico, donde la temperatura aumenta y la oxidación se desarrolla para destruir los compuestos indeseables.

Algunas aplicaciones de esta técnica se encuentran en hornos para litografía, hornos de cocimiento de pintura, plantas de fabricación de ácido nítrico y plantas de suministro de aceites y grasas.

5 PROGRAMA AUDITOR

El programa *AUDITOR* fué diseñado y programado para cumplir los siguientes objetivos:

- 1) Dirigir fácilmente al usuario, mediante ventanas de diálogo, a través de las opciones del programa.
- 2) Mostrar mediante ventanas, las opciones mostradas. Permitir el llenado del cuestionario de auditoría (opción *AUDITOR*), conocer la clasificación industrial, principales contaminantes y equipo de control (opción *CLASIFICACION*) y proporcionar ayuda extra para el manejo de la información (opción *AYUDA*).
- 3) Tener acceso a bases de datos para causar: altas, bajas, cambios, impresión y consultas.
- 4) Poder salvar e imprimir los datos introducidos en las opciones anteriores.
- 5) Dar acceso a otros sub-menús en los que se puedan ver y elegir algún giro industrial, un proceso, los contaminantes que emiten o los equipos recomendados para su control.

Para lograr estos objetivos se uso un lenguaje que fuera lo suficientemente poderoso, para hacerlo en forma ágil.

Mis primeros intentos estuvieron dirigidos a lograr el programa *AUDITOR* con el lenguaje *BASIC*, lo cual resulto muy complejo, debido a al tamaño de las bases de datos que debía manejar.

Después de realizar una encuesta de paquetes de programación encontré que una de las mejores opciones era el lenguaje *CLIPPER* (Ramatho,1992).

CLIPPER no sólo es uno de los programas de bases de datos más potentes que existen a nivel mundial, sino incluso superior a *dBASE III plus*, ya que permite el manejo de voluminosos ficheros de datos de una forma flexible y eficaz.

Con *CLIPPER* podemos obtener programas ejecutables con gran facilidad y la creación de pantallas y menús resulta bastante sencilla. Una de las operaciones más complejas es la interacción entre los menús y las bases de datos, por lo demás, no existe ningún inconveniente. Además *CLIPPER* es compatible con lenguaje *C* y con lenguaje *ENSAMBLADOR*.

Para la realización de este programa utilice *CLIPPER 5.2*, siendo ésta la versión más reciente a la que tengo acceso en el *CECAFI* (Centro de Cálculo de la Facultad de Ingeniería).

5.1 Especificaciones y organización del programa

El programa AUDITOR fue realizado en CLIPPER 5.2, creando archivos PRG, NTX, DBF y EXE.

Archivos PRG: Son propiamente los programas fuente que nos permiten manejar pantallas, menús y bases de datos.

Archivos NTX: Conocidos también como indexados, son los archivos que reciben la información y la almacenan en orden alfabético de manera automática.

Archivos DBF: Son las bases de datos en las que podemos almacenar una enorme cantidad de información.

Archivos EXE: Son los programas ejecutables que permiten correr un programa con sólo dar el nombre, y son el resultado de la compilación del programa fuente.

A continuación se describe brevemente, con ayuda de las pantallas manejadas dentro del programa, la estructura del mismo.

El programa AUDITOR es un programa ejecutable, que corre desde el sistema operativo de la computadora por lo cual su extensión es .EXE. Para la ejecución del programa bastará una computadora con las siguientes características: procesador 286, disco duro, memoria de 2 Mb en ram y de preferencia monitor a color.

Después de teclear AUDITOR, aparece una pantalla secuencial de presentación en la cual se dan a conocer los datos de la institución educativa en la que fue creado el programa, así como los datos del autor (Fig. 5.1).

Posteriormente aparecen dos desplegados en los que se describe el objetivo y la función del programa (Fig. 5.2 y 5.3); accedendo automáticamente al menu principal, en el que se tienen cuatro opciones: auditoría, clasificación, ayuda y salida (Fig. 5.4).

En caso de elegir la opción de auditoría, aparecerá, un menú en el que las opciones son: altas, bajas, cambios, impresión, consultas y salida (Fig. 5.5). La opción de altas permite el llenado del cuestionario de auditoría requisitado por SEDESOL, las demás opciones trabajan sobre los datos introducidos en ésta etapa.

La información que se introduce en la opción de altas se integra a la base de datos. En esta opción se manejan 12 pantallas consecutivas que contienen el cuestionario mostrado en la tabla 5.1.

El programa AUDITOR permite que se dejen espacios en blanco en caso de que no se tenga la información para el llenado. No debe dejar de llenar el número de fuentes aun cuando sea con cero, de lo contrario aparecerá el mensaje de error mostrado en la figura 5.6, lo cual abortará el programa. En esta opción también se presentan algunas pantallas auxiliares, -en color rojo- que contienen información que aclara algunos puntos del cuestionario (Fig. 5.7).

Para dar por concluida cada una de las operaciones del menú de auditoría basta con sólo teclear ESC.

Cuando queremos dar de baja, hacer cambios o imprimir, el programa nos pide la clave de la industria fig. 5.8; clave que el programa asigna automáticamente cuando entramos en la opción de altas, posteriormente se muestra la pantalla de datos generales de la industria y se pide verificar. En caso de no recordar la clave de algún cliente en específico, sólo necesitamos entrar a la opción de consultas y en ésta obtendremos la clave Fig. 5.9.

Cuando de acceso a la opción de imprimir verifique, que la impresora este conectada y lista, de no ser así se presentará el mensaje de error de la figura 5.10 y esto abortará el programa.

La segunda opción del menú principal es la de CLASIFICACION, opción en la cual podemos consultar en forma secuencial la clasificación que CANACINTRA hace de los giros industriales, de las industrias que pertenecen a cada giro, de los contaminantes atmosféricos que emiten y los equipos de control recomendados

En la primera pantalla aparecen los giros industriales que CANACINTRA clasifica dentro del territorio nacional (Fig. 5.11), de esta pantalla podemos elegir un giro industrial o bien regresar al menú anterior. En caso de elegir un giro (ejemplo

TABLA 5.1
REGISTRO DE INDUSTRIAS

D A T O S G E N E R A L E S D E L A I N D U S T R I A

CLAVE DE LA INDUSTRIA: 1
ENCARGADO DE LA INDUSTRIA: JOSE ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ
NOMBRE DE LA INDUSTRIA: HIERRO Y ACERO
DIRECCION: SANTA URSULA #8, COL. CULHUACAN
DELEGACION: COYOACAN
CODIGO POSTAL: 04420
R.F.C: 123ERT
TELEFONO Y FAX: 4567890
FECHA EN QUE LLENA EL CUESTIONARIO: 22/11/95
GIRO DE LA INDUSTRIA: MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION
NUMERO DE EMPLEADOS: 2
FECHA DE INICIO DE OPERACIONES: 12/03/90
TURNOS DE TRABAJO: 2
DIAS LABORABLES AL AÑO: 360
AREA EN QUE OCUPA LA PLANTA (m²): 500
NUMERO DE EDIFICIOS: 2
ZONAS HABITACIONALES CERCANAS (ZH): SI
DISTANCIA EN m DE LA (ZH) MAS CERCANA: 100
PLANTAS DE ACTIVIDAD SIMILAR CERCANAS: SI
RESERVAS ECOLOGICAS CERCANAS: SI
D O C U M E N T A C I O N
LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLOGICO Y PROTECCION AL AMBIENTE: SI
LGEPA: IMPACTO AMBIENTAL: SI
LGEPA: PREVENCION Y CONTROL DE CONT. DEL AGUA: SI
LGEPA: EMISIONES A LA ATMOSFERA: SI
LGEPA: RESIDUOS PELIGROSOS: SI
PERMISOS DE SEDESOL: LIC. DE FUNCIONAMIENTO: SI
INVENTARIO DE EMISIONES: SI
CEDULA DE OPERACION: SI
ENCUESTA INDUSTRIAL: SI
MANIFIESTO DE RESIDUOS PELIGROSOS: SI
CONCESION DE AGUA: NO
ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL: SI
ANALISIS DE RIESGO: NO
ACTA CONSTITUTIVA: NO
REGISTRO FEDERAL DE CONTRIBUYENTES: NO
REGISTRO ANTE CANACINTRA: NO
LICENCIA DE USO DE SUELO: NO
REGISTRO DE MONITOREO DE EMISIONES: NO
ACTA DE INSPECCION DE SEDESOL: NO
CONVENIOS CON SEDESOL: NO
CONVENIOS CON OTRAS ENTIDADES: NO
PERMISO DE DISPOSICION DE RESIDUOS PELIGROSOS: NO
MANIFIESTO DE NIVEL DE RUIDO: NO
MANIFIESTO GENERADOR DE PCB S: NO
ANALISIS DE RESIDUOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS: SI
COMPUESTOS CFC EN REFRIGERACION: NO
IMPORTACION/USO DE ASBESTOS: NO
CONSTANCIA DE SEGURIDAD E HIGIENE: NO
PROGRAMA DE CAPACITACION Y ADIESTRAMIENTO: NO
BITACORA DE OPERACION DE LOS EQUIPOS: NO
BITACORA DE EMISIONES AL AMBIENTE: NO

BITACORA DE MUESTREO DE EMISIONES: NO
 CONTINUA TABLA 5.1
 REGISTRO DE SINAPROC O EQUIVALENTE: NO
 BITACORA EXPLOSIVIDAD E INFLAMABILIDAD: SI
 BITACORA DE MANTENIMIENTO A DRENAJES: NO
 PLANES DE EMERGENCIA: NO
 CONSTANCIA DE LA COMISION MIXTA DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL: NO
 PROGRAMA DE PREVENCION DE ACCIDENTES: NO
 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO: NO
 PLAN DE CONTINGENCIAS PARA EMERGENCIAS: NO
 PROGRAMA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR: NO
 PLAN DE CONCERTACION DE AUDITORIA: NO
 PERMISO PARA COMBUSTION A CIELO ABIERTO: NO
 AUTORIZACION PARA INCINERACION: NO
 O T R O S D O C U M E N T O S
 DOCUMENTO1: BIBLIOGRAFIA BASICA PARA CONSULTA DE CONTAMINANTES
 DOCUMENTO2:
 DOCUMENTO3:
 DOCUMENTO4:

NUMERO DE PROCESOS EXISTENTES: 3
 NUMERO DE MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS: 5
 C O M B U S T I B L E S U T I L I Z A D O S
 NOMBRE QUIMICO NOMBRE COMERCIAL CONSUMO MENSUAL
 COMBUSTIBLE1: METANO GAS NATURAL 0.03
 COMBUSTIBLE2: CARBON DE PIEDRA COQUE 0.05
 COMBUSTIBLE3:

NUMERO DE PRODUCTOS QUE SE FABRICAN: 10
 HORAS QUE OPERAN LOS EQUIPOS DIARIAMENTE: 12
 MEDIO DE EMISION DE LOS CONTAMINANTES: FUGITIVA
 PLATAFORMAS Y PUERTOS DE MUESTREO: NO
 EQUIPOS DE CONTROL ANTICONTAMINANTE: NO
 C O N T A M I N A N T E S P E L I G R O S O S G E N E R A D O S
 ASBESTOS: NO
 BENCENO: NO
 BERILIO: NO
 MERCURIO: SI
 CLORURO DE VINILO: SI

C O N T A M I N A N T E S		M O N I T O R E A D O S				P O R	F U E N T
No.	FUENTE	NOX	SOX	HC	CO	PST	
1		0.123	0.34	23	12	23	

alimentos y bebidas), aparecen todas las industrias pertenecientes a éste (Fig. 5.12). Al elegir una industria aparecerá una nueva pantalla que nos informa sobre los contaminantes atmosféricos que produce (Fig. 5.13), dentro de la cual tenemos tres opciones: CONTINUAR -en cuyo caso aparecen los equipos de control recomendados-, REGRESAR -regresa a la pantalla anterior- y SALIR -regresa al menú principal-. La pantalla de equipos recomendados (Fig. 5.14), presenta sólo dos opciones: REGRESAR y SALIR, cuya función es idéntica a las descritas en la pantalla anterior.

La información que aparece dentro de las pantallas de contaminantes y equipos se obtuvo de la bibliografía disponible, y de una consulta directa con los presidentes de cada una de las ramas industriales para conocer cuales eran los principales contaminantes que se esperaban de su industria, así como las soluciones que empleaban de acuerdo a sus posibilidades, equipo y experiencia. Muchos de los contaminantes esperados se dedujeron del tipo de combustible que se utiliza (Quadri Sánchez, 1992).

Por último la opción de AYUDA que aparece en el menú principal consta de tres cuadros que contienen información sobre el uso del programa (Fig. 5.15, 5.16 y 5.17).

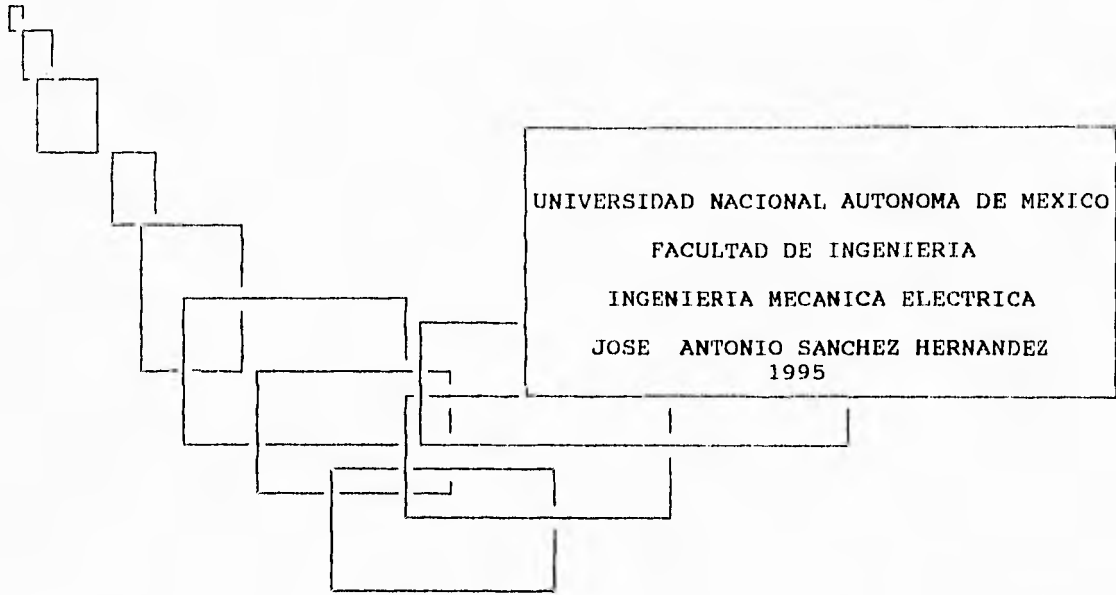


FIG. 5.1

AUDITOR es una guía para el industrial que debe contestar los cuestionarios de una auditoría ambiental.

Las auditorías contempladas dentro de este programa se refieren específicamente a las emisiones a la atmósfera.

El siguiente cuestionario deberá ser llenado por el personal autorizado.

FIG. 5.2

El menú principal da acceso a las dos funciones principales: AUDITORIA Y CLASIFICACION.

AUDITORIA.- En este menú usted podrá realizar altas, bajas, cambios, consultas e impresión del cuestionario de auditoría.

CLASIFICACION.- Esta opción permite la consulta de los giros e industrias según la clasificación de CANACINTRA. Del mismo modo se pueden consultar los contaminantes esperados y los equipos recomendados.

FIG 5.3

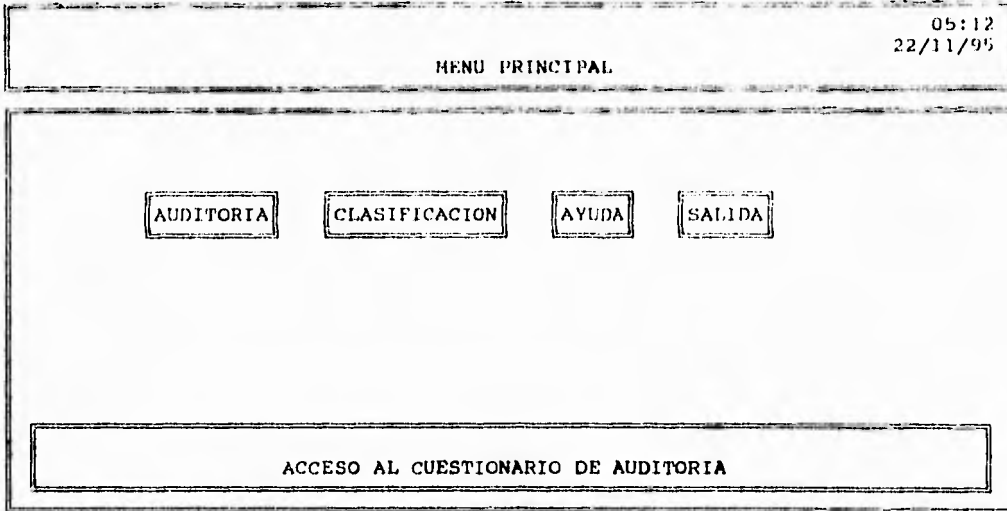


FIG. 5.4

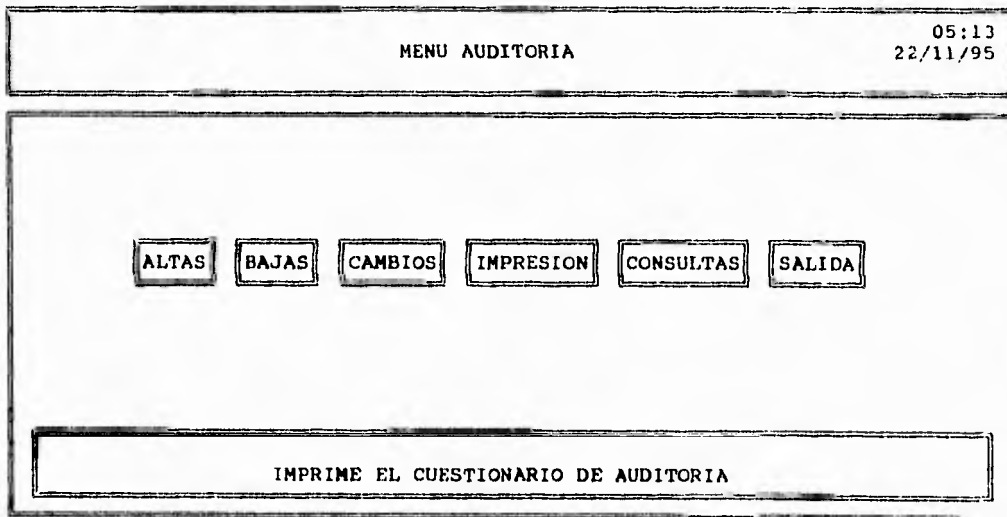


FIG . 5.5

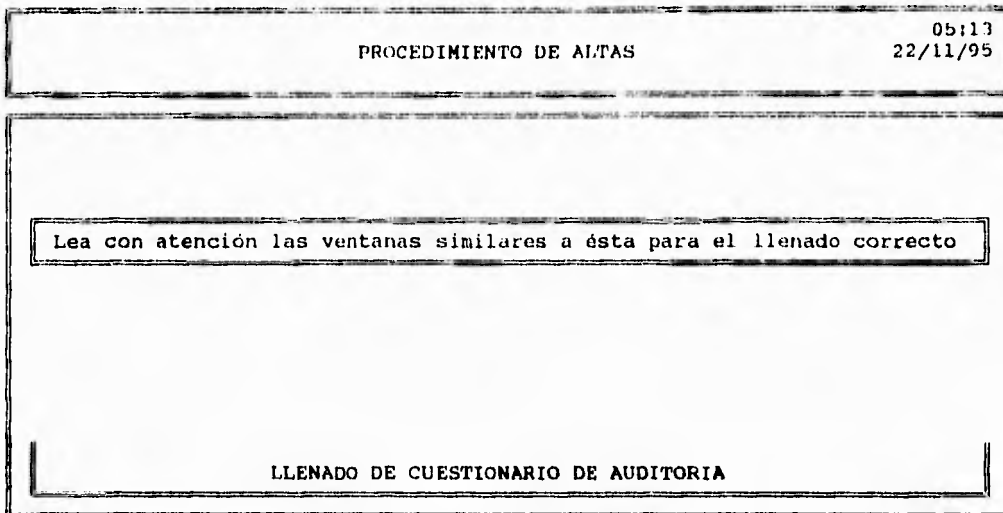


FIG. 5.6

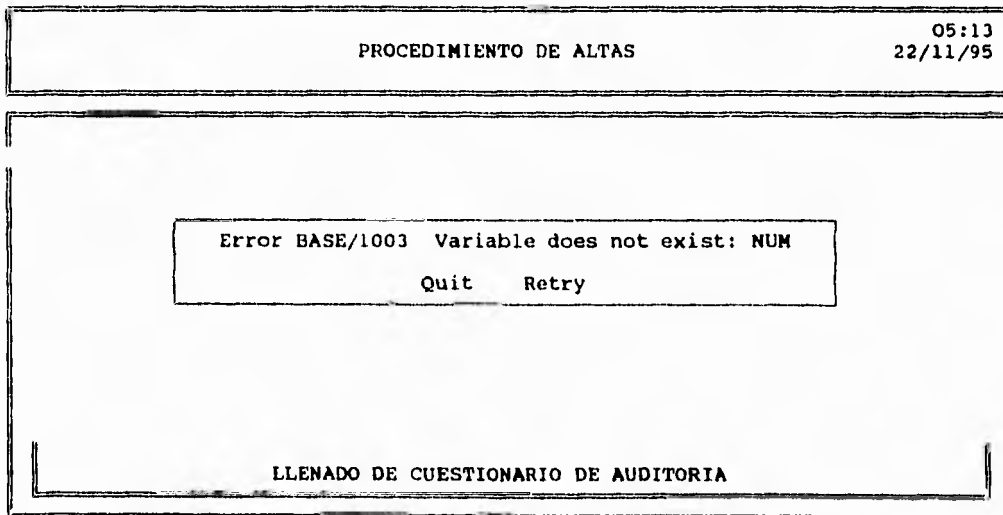


FIG. 5.7

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

PROCEDIMIENTO DE BAJAS	05:19 22/11/95
CLAVE DE A INDUSTRIA A DAR DE BAJA: 0	
PARA DAR DE BAJA A ALGUNA EMPRESA AUDITADA	

FIG. 5.8

INDUSTRIAS AUDITADAS

CLAVECLI	CLIENTE
1	JOSE ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ
2	GONZALO CRUZ FLORES

FIG. 5.9

(ESC) PARA SALIR

PROCEDIMIENTO DE IMPRESION	05:43 22/11/95
<p style="text-align: center;"> CLAVE DE LA INDUSTRIA: 1 ENCARGADO DE LA INDUSTRIA: JOSE ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ NOMBRE DE LA INDUSTRIA: HIERRO Y ACERO DIRECCION: SANTA URSULA #8, COL. CULHUACAN </p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> Error TERM/0 Print error Quit Retry </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">TURNOS DE TRABAJO: 2</p> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">IMPRIME EL CUESTIONARIO DE AUDITORIA</p>	

FIG . 5.10

GIROS EXISTENTES	SELECCIONE SU GIRO SUB MENU	05:46 22/11/95		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 1. ALIMENTOS Y BEBIDAS 2. INDUSTRIALES TECNICOS DE SERV. 3. INDUSTRIA MUEBLERA 4. INDUSTRIA METAL-MECANICA 5. INDUSTRIA AUTOMOTRIZ 6. BIENES DE CAPITAL 7. PAPEL, CARTON Y ESCRITORIO 8. SERVICIOS </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> 9. QUIMICA Y PARAQUIMICA 10. INDUSTRIAS DIVERSAS 11. MATERIALES PARA CONSTRUCCION 12. INDUSTRIA PARAMEDICA 13. PASTEURIZACION LACTEA 14. INDUSTRIA NAVAL 15. REGRESO AL MENU PRINCIPAL </td> </tr> </table>			1. ALIMENTOS Y BEBIDAS 2. INDUSTRIALES TECNICOS DE SERV. 3. INDUSTRIA MUEBLERA 4. INDUSTRIA METAL-MECANICA 5. INDUSTRIA AUTOMOTRIZ 6. BIENES DE CAPITAL 7. PAPEL, CARTON Y ESCRITORIO 8. SERVICIOS	9. QUIMICA Y PARAQUIMICA 10. INDUSTRIAS DIVERSAS 11. MATERIALES PARA CONSTRUCCION 12. INDUSTRIA PARAMEDICA 13. PASTEURIZACION LACTEA 14. INDUSTRIA NAVAL 15. REGRESO AL MENU PRINCIPAL
1. ALIMENTOS Y BEBIDAS 2. INDUSTRIALES TECNICOS DE SERV. 3. INDUSTRIA MUEBLERA 4. INDUSTRIA METAL-MECANICA 5. INDUSTRIA AUTOMOTRIZ 6. BIENES DE CAPITAL 7. PAPEL, CARTON Y ESCRITORIO 8. SERVICIOS	9. QUIMICA Y PARAQUIMICA 10. INDUSTRIAS DIVERSAS 11. MATERIALES PARA CONSTRUCCION 12. INDUSTRIA PARAMEDICA 13. PASTEURIZACION LACTEA 14. INDUSTRIA NAVAL 15. REGRESO AL MENU PRINCIPAL			
ELABORACION DE ALIMENTOS PARA CONSUMO HUMANO Y ANIMAL				

FIG. 5.11

ALIMENTOS Y BEBIDAS	SELECCIONE SU EMPRESA SUB MENU	05:48 22/11/95
---------------------	-----------------------------------	-------------------

- | | |
|--|---|
| 1.FAB. PROD. ALIMENTICIOS
2.OBRADORES DE TOCINERIA
3.EMPACADORES DE CARNES FRIAS
4.DULCES, CHICLES Y CHOCOLATES
5.EMPACADORAS Y ENLATADORAS
6.FABRICANTES DE HIELO
7.TOSTADORES Y MOLINOS DE CAFE
8.MANTECA DE CERDO
9.GRANOS CEREALES Y OTROS
10.ALIM. BALANC. PARA ANIMALES
11.GALLETAS Y PASTAS | 12.EMBOTELLADORAS
13.FABRICANTES DE SIDRA
14.INDUSTRIAS LACTEAS
15.INDUSTRIALES ARROCEROS
16.INDUST. ALIM. ANIMAL
17.VINOS Y LICORES
18.GELATINAS
19.VINICULTORES Y DERIVADOS
20.CONCENTRADOS, POLVOS Y JARABES
21.BOTANAS
22.REGRESAR AL MENU DE GIROS |
|--|---|

ELABORACION DEL TOCINO

FIG. 5.12

OBRADORES DE TOCINERIA	05:49 22/11/95
------------------------	-------------------

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content;"> CONTINUAR REGRESAR SALIR </div>	▶ CONTAMINANTES ESPERADOS
<ul style="list-style-type: none"> * UTILIZACION DE GAS LP * SOX * NOX * PARTICULAS * HC * CO 	

CONTINUAR PARA VER LOS EQUIPOS RECOMENDADOS

FIG. 5.13

OBRADORES DE TOCINERIA		01:34 23/11/95
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> REGRESAR SALIR </div>	EQUIPOS RECOMENDADOS	
	<ul style="list-style-type: none"> • LA UTILIZACION DE UN LAVADOR DE GASES SERIA SUFICIENTE, PUESTO QUE SOLO SE TIENE COMBUSTION DE GAS LP • LAVADOR DE LECHO EMPACADO 	
VUELVE AL MENU ANTERIOR		

FIG. 5.14

- Para lograr una ejecución más rápida del programa AUDITOR es recomendable que se instale en el disco duro.
- Opción AUDITORIA: En esta opción usted podrá realizar altas, bajas, cambios, consultas e impresión del cuestionario de auditoría.

ALTAS: Las fechas que se piden dentro del programa deben ser correctamente llenadas, de lo contrario se presentará un mensaje de error. Su llenado no debe omitirse.

Muchas de las preguntas del cuestionario sólo deben ser llenadas con SI o NO.

El número de fuentes siempre debe ser llenado aún cuando sea con cero, de lo contrario aparecerá mensaje de error.

FIG. 5.15

BAJAS: Para dar de baja una industria cerciórese de que - la clave de la misma sea la correcta, para ello tiene dos opciones: vaya a consultas y vea la clave correcta o, dé la clave que considere correcta. Al aparecer los datos necesarios de la industria responda SI o NO, según desee.

CAMBIOS: Introduzca la clave correcta de la industria y - realice los cambios igual que en el proceso de ALTAS.

IMPRESION: Después de dar la clave de la industria, se _ presenta una pantalla con los datos necesarios para tener la seguridad de que es la industria deseada. Responda SI o NO según sea correcto.

FIG. 5.16

Cerciórese de que la impresora este lista y en línea, de no ser así se presentará un mensaje de error.

CONSULTAS: En esta opción se presentan las industrias auditadas con sus claves correspondientes y los datos introducidos en el cuestionario. Para salir presione ESC.

SALIDA: Regresa al menu principal.

CLASIFICACION: Sirve para consultar los giros industriales existentes en México según CANACINTRA, las industrias pertenecientes a cada giro, los contaminantes que emiten a la atmósfera y los equipos de control recomendados.

FIG. 5.17

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Puesto que en México parece no existir aún una conciencia sincera de la importancia que tiene el cuidado del ambiente y debido a que la legislación en esta materia es muy escasa, espero que esta tesis contribuya un poco a lograr disminuir el problema de la contaminación del aire.

Esta tesis presenta un breve condensado de los puntos que a mi juicio deben ser considerados cuando se trata la contaminación atmosférica: contaminantes atmosféricos y sus efectos; leyes ambientales; fuentes emisoras y equipos de control. De todos estos puntos he tomado únicamente las ideas que considero esenciales para el conocimiento del problema, concentrándome en la creación del programa AUDITOR.

Con el programa AUDITOR (anexo a esta tesis), se han cubierto los puntos presentados dentro de los objetivos que se establecen en el capítulo 1:

AUDITOR es un programa para el industrial, con el que se podrá conocer los términos y requisitos que establece SEDESOL dentro del cuestionario de pre-auditoría para la realización de una auditoría ambiental.

Habiendo visto que la contaminación del aire representa un problema que trae efectos nocivos contra la salud humana y de los animales, las plantas y los materiales; es fundamental que la realización de las auditorías ambientales este apoyado en material didáctico como el presentado en este trabajo que den una panorámica más clara de como se llevan a cabo, no sólo a los auditores, sino también al industrial a fin de que ambas partes se vinculen para dar la mejor solución al problema.

La gran mayoría de los contaminantes atmosféricos generados por fuentes fijas en la ciudad de México provienen de procesos de combustión.

Los ductos y chimeneas por las que las industrias emiten sus contaminantes atmosféricos deben ser diseñados de acuerdo a la concentración de los mismos, para lograr que estos se disipen a grandes alturas y evitar sus efectos nocivos.

El análisis de los procesos de combustión y la revisión del diseño de los ductos de emisión deben ser una consecuencia de la realización de la auditoría ambiental y el llenado del cuestionario incluido en AUDITOR, lo cual sentará las bases para identificar este posible problema.

Por otra parte la legislación en México en materia de contaminación ambiental es muy escasa, motivo por el cual es necesario que las autoridades competentes realicen mayores esfuerzos a

fin de lograr leyes que sean justas, específicas y viables. Entiéndase por específicas, leyes que hagan referencia a procesos industriales bien definidos.

Las auditorías ambientales en México se vienen realizando, como tales, desde el año de 1992, por lo que su aplicación hasta ahora empieza a dar frutos. Es por eso que el Estado debe estar pendiente para que su aplicación sea realmente de utilidad.

AUDITOR, además de ser una guía para que el industrial comprenda lo que se le pregunta en el cuestionario de preauditoría es también un programa en el que se señalan los contaminantes más comunes en cada industria y los equipos de control recomendados.

Es importante señalar que en muchas ocasiones la aplicación de equipos de control puede resultar bastante costosa, lo que representa un problema para el industrial. Es la ingeniería entonces la encargada de desarrollar equipos más eficientes y al menor costo posible.

AUDITOR cumple también con los objetivos de presentar la información en pantallas atractivas, ser ágil y fácil de manejar. Sin embargo, considero que sus alcances pueden ser mejorados en los siguientes puntos:

- a) comunicación directa entre la información de las opciones AUDITORIA y CLASIFICACION, pudiendo consultarse la información de esta última en cualquier punto del cuestionario de auditoría.
- b) comparación directa de las concentraciones monitoreadas contra las permitidas y con ello poder establecer si se encuentran dentro o fuera de la norma.
- c) para las fuentes que se encuentren fuera de la norma poder ofrecer un reporte en el que se señalen las sugerencias en cuanto a equipo de control.
- d) aplicar un lenguaje más atractivo a la vista (Visual Basic), que trabaje con las bases de datos creadas en Clipper y con ello obtener una mejor presentación.

Estas y otras futuras mejoras que dan abiertas a la imaginación de los futuros usuarios y de todo aquel que conociendo de los avances continuos de la computación decidan poner esta tecnología al servicio del industrial e indirectamente la comunidad toda.

REFERENCIAS

AIHA, 1968, **Air Pollution Manual, Part. II- Control Equipment**. (American Industrial Hygien Assoc), Detroit Mich.

Almanza G., 1983, **Control de la Contaminación Atmosférica Originada Por Solventes Orgánicos**, Facultad de Química, UNAM

Arroyo z., 1978, **Contaminación Atmosférica Producida Por la Industria Téxtil: Equipo de Control Utilizado**, Facultad de Química, UNAM.

Barcena I., 1970, **Contaminación Atmosférica de Oxidos de Azufre**, Facultad de Química, UNAM.

Berber V., 1985, **Control de la Contaminación Atmosférica Ocasionada por la Planta de Asfalto del Departamento del Distrito Fedral**, Facultad de Química, UNAM.

Brañes R., 1988, **Derecho Ambiental Mexicano**, Universo Veintiuno, México.

Carbajal G., 1975, **Contaminación Atmosférica: Evaluación y Control**, Facultad de Química, UNAM.

CEUM, 1994, **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**, (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos). Porua, México.

CMN, 1973, **Memoria: 1a. Reunion Nacional Sobre Problemas de Contaminación Ambiental I**, (Centro Médico Nacional), México.

Contreras P., 1974, **Contaminación Atmosférica Producida por Humos Visibles**, Facultad de Química, UNAM.

Dechaux J., 1990, **Ozono y Oxidantes Fotoquímicos: Tecnología de Control**, Interface (Ciencia y Tecnología de Francia), No. 35, FRANCIA.

Espitia C., 1976, **Control de Contaminantes Gaseosos por Combustión**, Facultad de Química, UNAM.

Goldman A., 1981, **Handbook of High Resolution Infrared Laboratory Spectra of Atmospheric Interest**, Boca Raton Florida.

HMSO, 1974, **Report of the Second Working Party on Grit and Dust Emissions**, (Her Majesty's Stationery Office), Londres.

Lain E., 1980, **Enciclopedia Temática Ciesa (Vol. 19)**, Compañía Internacional Editora, Madrid.

López R. I., 1991, **Metodología Para la Realización de Auditorías Ambientales en Plantas Industriales**, Facultad de Química, UNAM.

Lund F., William W., Norman S., 1971, **Industrial Pollution Control Handbook**, McGraw-Hill, Book Company, New York, E.U.

Maurice F., 1982, **Manual de Anticontaminación: Cómo Evaluar la Contaminación del Ambiente y de los Lugares de Trabajo**; Fondo de Cultura Económica, México.

Parker A., 1983, **Contaminación del Aire por la Industria**, Reverte, Londres.

ProFepa, 1993, **Terminos de Referencia Para la Realización de Auditorías Ambientales**, Unidad de operación, México.

Quadri de la Torre G. y Sánchez C., 1992, **La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica**, Limusa, México.

Rabasa O. y Caballero G., 1994, **Mexicano Esta es tú Constitución**, Cámara de Diputados, Trillas, México.

Ramalho J., 1992, **111 Funciones en Clipper Versión 5.01**, McGraw-Hill, España.

Ramalho J., 1992, **Clipper 5.01**, McGraw-Hill, Colombia.

Ráo C. S., 1991, **Environmental Pollution Control Engineering**, Wilew Eastern Limited, New Delhi India.

Ross R. D., Franklin B., James V., Richard D., Louis R., 1974, **La Industria y la Contaminación del Aire**, Diana, México.

Valera N., 1994, **Apuntes de Ingeniería Energética**, UNAM.

Viscaino M., 1975, **La Contaminación de Aire en México**, Fondo de Cultura Económica, México.

Wark K. y Warner, 1981, **Air Pollution: Its Origin and Control**, E.U., Herper and Row.

Wolf S., 1988, **Contaminación: Leyes y Legislación**, E.U.