



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

# La Industria Nacional y la Problemática del Cambio Climático.

## T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA QUÍMICA

P R E S E N T A N

ERENDIRA GEORGINA PAREDES MONTIEL

MARIBEL PARRA GONZALEZ

ASESOR: I.Q. RAFAEL GARCÍA NAVA.

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2006.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## *Agradecimientos.*

### **A DIOS**

*Por haberme dado la vida,  
y protegiéndome en los brazos de mis padres.  
Por las virtudes que me has dado  
para llegar así hasta donde ahora me encuentro.*

### **A MIS PADRES**

*Por darme la vida, enseñándome que lo más importante es ser  
mujer. Por todos su cariño, amor, comprensión y ternura  
incondicional. Por sus consejos y las noches de desvelo, por los  
regaños y sus palabras de aliento. Por ser los mejores padres del  
mundo, por todo lo que me han dado. Los quiero mucho.*

### **A MI HERMANO**

*Por que siempre has estado conmigo en tristezas y alegrías  
compartidas. Por ayudarme a terminar mis estudios para salir  
adelante. Por sus consejos y por lo que hemos vivido juntos. Te quiero  
Hermano.  
Por que Dios ilumino a tu camino con Claudia, mujer de valores y  
amorosa; que en su vientre dio vida a un ser que ha llenado nuestras  
vidas...*

### **A MI SOBRINA**

*Que a cada instante me enseña a descubrir un mundo nuevo,  
que con su sonrisa me envuelve en el amor y la ternura, en la  
inocencia y la alegría haciéndome recordar mi niñez.*

### **A MI UNIVERSIDAD**

*Por formar parte de ella, adquiriendo sus valores de ética,  
profesionalismo, humanismo y conocimiento para ser mejor cada  
día, ayudándome a cumplir mis objetivos y por entender que el  
conocimiento nunca se acaba.*

### **A MI ASESOR**

*Gracias por su tiempo, sus consejos para mejorar nuestro  
trabajo. Gracias por guiarnos y compartir su conocimiento.*

## ***A MIS AMIGOS***

*Por las alegrías y tristezas compartidas, por su apoyo y comprensión, por las experiencias y lecciones que nos ha dado la vida en esta etapa, por ser como son.*

*Erendira Georgina Paredes Montiel.*

## ***GRACIAS A:***

### ***DIOS***

*Por darme la oportunidad de vivir y estar en el lugar donde ahora me encuentro, por todas las personas que ha puesto en mi camino y que me han mostrado que la felicidad esta dentro de uno mismo, por mostrarme las herramientas necesarias para vencer los obstáculos y lograr mis metas.*

### ***A MIS PADRES, LUIS PARRA H. Y LUCINA GONZALEZ G.***

*Por haberme dado la vida, por todo el amor, su confianza, por todos esos momentos en los que me han enseñado que lo más importante de la vida es la familia, por que son el ejemplo de la perseverancia, por todas sus noches de desvelo preocupados por mí; sobre todo por el esfuerzo que han hecho para que pueda estudiar e impulsarme a salir adelante.*

### ***LA UNIVERSIDAD***

*Por la oportunidad que me dio al ser parte de ella, por la enseñanza, por la formación como estudiante y persona y por todas las experiencias que se quedan en mis recuerdos.*

### ***A MI ASESOR, ING. RAFAEL GARCIA NAVA***

*Por los consejos, por su tiempo, por su apoyo y confianza para asesorarnos en la realización de este trabajo y sobre todo por compartir sus conocimientos a todos los que hemos tenido la oportunidad de ser alumnos*

### ***A MI HERMANA, CECILIA PARRA***

*Por ser la mejor amiga que he tenido, por su compañía, por sus consejos, por escucharme y por estar ahí en todo momento, te quiero mucho.*

***A MI SOBRINO, LUIS EFREN***

*Por toda esa magia e inocencia que tiene y por toda la alegría que me da y ha traído a mi vida desde el día que nació.*

***A MIS TIOS, TIAS Y PRIMOS***

*Por toda su paciencia, por el apoyo y consejos que me han dado durante toda mi vida.*

***A MIS AMIGOS BA Y EM.***

*Por todos los momentos vividos, por su entusiasmo y por enseñarme que la amistad es uno de los valores más bonitos que hay.*

*Y a todas las personas que han sido parte de mi vida que ya no están y son parte importante de ella, por todo el tiempo y las alegrías que compartimos juntos.*

***MARIBEL PARRA GONZALEZ.***

## **INDICE**

### **INTRODUCCIÓN.**

#### **CAPITULO 1. ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACIÓN A NIVEL GLOBAL. \_\_\_\_\_ 5**

- 1.1 Antecedentes del cambio climático**
- 1.2 Efectos del Calentamiento Global.**

#### **CAPITULO 2. ESFUERZOS INTERNACIONALES Y NACIONALES PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE. \_\_\_\_\_ 32**

- 2.1 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático IPCC.**
- 2.2 Protocolo de Montreal.**
- 2.3 Protocolo de Kyoto.**
- 2.4 Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.**
- 2.5 Instituto de los Estudios del Espacio NASA.**

#### **CAPITULO 3. CONTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA AL CALENTAMIENTO GLOBAL. \_\_\_\_\_ 44**

- 3.1 Emisiones totales de Gases de Efecto invernadero en México.**
- 3.2 Emisiones de Gases de Efecto invernadero por Consumo de Energía.**
- 3.3 La Industria en México y su contaminación.**
  - 3.3.1 Industria Química Nacional.**
- 3.4. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Industria en México.**

#### **CAPITULO 4. LA RELACIÓN DE LOS PROCESOS Y SUS SERVICIOS AUXILIARES CON LA CONTAMINACIÓN. \_\_\_\_\_ 67**

- 4.1 Servicios auxiliares.**
  - a) Primarios.
  - b) Secundarios.
- 4.2 Descripción de los servicios auxiliares.**
  - 4.2.1 Agua.**
  - 4.2.2 Aire.**
  - 4.2.3 Combustible.**
    - a) Sólidos
    - b) Líquidos
    - c) Gases
  - 4.2.4 Energía eléctrica.**
  - 4.2.5 Vapor de agua y su generación.**
  - 4.2.6 Sistema de Gas Inerte.**
  - 4.2.7 Sistema de Drenaje y Desechos.**
  - 4.2.8 Desfogue.**

- 4.2.9 Mecanismos de combustión interna.
- 4.2.10 Almacenamiento y movimiento de materia prima y productos.
- 4.2.11 Materia prima.
- 4.3 Servicios auxiliares que contribuyen al calentamiento global.

**CAPITULO 5. MEDIDAS PARA LA DISMINUCIÓN LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.\_\_\_\_\_100**

- 5.1 Control de Emisiones de Algunos Gases de Efecto invernadero.
- 5.2 Equipo para el control de emisiones.
- 5.3 Fuentes de Energía alterna.

**CAPITULO 6. ANÁLISIS DE LAS FUENTES DE ENERGÍA ALTERNAS NACIONALES E INTERNACIONALES.\_\_\_\_\_116**

- 6.1 Energía hidráulica.
- 6.2 Energía nuclear.
- 6.3 Energía solar.
- 6.4 Energía eólica.
- 6.5 Energía proveniente de la biomasa.

**CAPITULO 7. FUTUROS RIESGOS.\_\_\_\_\_130**

- 7.1 El aumento de la temperatura.
- 7.2 El deshielo de los polos.
- 7.3 El aumento del nivel del mar.
- 7.4 Cambios en el clima.

**CAPITULO 8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES GENERALES.\_\_\_\_146**

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.\_\_\_\_\_151**

## **INTRODUCCIÓN.**

En las últimas décadas se han identificado cambios en el clima del planeta, como calentamiento de los océanos, derretimiento de los glaciares, aumento del nivel del mar, adelgazamiento del hielo marino, deshielo, incendios forestales, encogimiento de lagos, sequías prolongadas, aumento de las lluvias provocando inundaciones devastadoras, cambio en las estaciones del año, aumento de las temperaturas en latitudes altas, etc.

Algunas investigaciones explican que estos cambios son debidos a la producción de dióxido de carbono y otros gases, por quema de carbón, petróleo y gas, arrojándolos a la atmósfera. Tales gases atrapan el calor más rápido antes que las plantas y océanos pudiesen absorberlos y son conocidos como gases de efecto invernadero. El nivel de dióxido de carbono en la actualidad es el más elevado que se tiene registrado desde los inicios de la Revolución industrial. Expertos declaran que la actividad humana impulsa la mayor parte del calentamiento.

Algunos gobiernos de países industrializados refieren que este calentamiento se debe a fenómenos naturales, como las erupciones volcánicas y los lentos destellos solares, o bien, que simplemente son cambios geológicos debido a la edad de la tierra. Pero estos fenómenos no pueden explicar todo ese calentamiento.

Los expertos temen que el actual aumento en la temperatura provocado por la emisión de gases de efecto invernadero podría acelerarse en un devastado cambio climático, se han emitido suficientes gases como para calentar el planeta por varias décadas. No es fácil limitar las emisiones para un mundo acostumbrado a utilizar combustibles fósiles. Para controlar estas emisiones algunos países firmaron el Protocolo de Kyoto; pero aún así, controlar el incremento tomaría años.

Los procesos aplicados de la industria química utilizan frecuentemente combustibles fósiles, emitiendo así gases de efecto invernadero. En este trabajo se



explica desde el concepto de contaminante, pasando por las emisiones de gases de efecto invernadero, los servicios de las industrias relacionados al calentamiento global, así como alternativas para disminuir la emisión de dichos gases.

## **OBJETIVOS.**

- 1.** Recopilar información, analizar y determinar los efectos que se generan en el ambiente debido a la industria nacional, en base a un estudio bibliográfico en los servicios auxiliares asociados.
- 2.** Conocer las medidas necesarias para disminuir el efecto de calentamiento global, una vez evaluada la contribución de las industrias y los servicios auxiliares asociados en sus procesos.
- 3.** Establecer futuros escenarios de los efectos causados por las emisiones de la industria nacional.
- 4.** Dar a conocer la influencia de las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la industria nacional, provocando el calentamiento global y el desequilibrio en el clima.

# **CAPITULO 1. ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE CONTAMINACIÓN A NIVEL GLOBAL.**

Una atmósfera limpia es esencial para la vida, las alteraciones en ella tienen un gran impacto en todos los seres vivos. La contaminación al planeta es un problema ocasionado por el desarrollo industrial, que provoca diferentes efectos en el ambiente. Para prevenir estos efectos, es necesario conocer los conceptos que los anteceden, como:

- El significado de contaminación,
- Los parámetros permisibles para tener una atmósfera limpia,
- ¿Qué provoca que el ambiente este contaminado?,
- ¿Qué compuestos son nocivos al medio?,
- ¿Qué es el efecto invernadero?
- ¿Por qué se está calentando el planeta?
- ¿Por qué cambia el clima?

Estas preguntas guían hacia los fenómenos meteorológicos ocurridos en los últimos años y su relación con el aumento de la contaminación. Por ejemplo: el viento favorece la difusión del contaminante, sin embargo, la humedad provoca que se acumule, causando una atmósfera contaminada. Estos efectos perjudican el clima del planeta; derivándose de fenómenos como: "El Fenómeno del Niño" y sus consecuencias, los cuales se describen en este capítulo.

## **1.1 Antecedentes del cambio climático.**

Es necesario conocer los conceptos, que ayudan a comprender los fenómenos climatológicos como:

- a) Contaminación.
- b) Contaminante.
- c) Gases de efecto invernadero.
- d) Efecto invernadero.

**a) Contaminación:** Se define como "cualquier otra condición atmosférica en la que ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo suficientemente elevadas sobre su nivel ambiental normal, produciendo un desequilibrio ecológico, afectando el bienestar y salud de los seres humanos".<sup>53</sup>



**Figura 1.1.** Las industrias cercanas a la ciudad emiten diferentes contaminantes afectando la salud de los seres vivos cercanos a éstas.

Una atmósfera limpia permite cierta cantidad de dichos gases, evaluándose el impacto de cualquier sustancia ajena a ella, con ciertos límites de concentración.

En la tabla 1.1 se indican los parámetros permisibles de contaminantes para considerar al aire como "atmósfera limpia".<sup>22</sup>

**b) Contaminante:** Es cualquier elemento, compuesto químico o material natural o artificial, capaz de permanecer o ser arrastrado por el aire, en forma de partículas sólidas, líquidas, gases o una mezcla de éstas.

Todas aquellas sustancias contaminantes que suben a la atmósfera, a partir de una fuente natural o de una actividad humana (antropogénica), se les conoce como emisión.

**Tabla 1.1. Límites permisibles de contaminantes en el aire**

| <b>Parámetro</b> | <b>Atmósfera limpia</b><br>g/m <sup>3</sup> | <b>Atmósfera contaminada</b><br>g/m <sup>3</sup> | <b>Tiempos de residencia aprox.</b><br>Días |
|------------------|---|--|---|
| Partículas       |   | > 100  |   |
| CO               | 120   | 1,000-10,000                                     | 65  |
| CO <sub>2</sub>  | 320,000                                     | 400,000  | 15 años                                     |
| SO <sub>2</sub>  | 0.2-10                                      | 20-200   | 40  |
| NO               | 0.01-0.6                                    | 50-750   | 1   |
| NO <sub>2</sub>  | 0.1-1                                       | 50-250   | 1   |
| HNO <sub>2</sub> | 0.0001                                      | 1-8  |   |
| O <sub>3</sub>   | 20-80                                       | 100-500  | 1   |
| NH <sub>3</sub>  | 1-6   | 10-25  |   |
| CH <sub>4</sub>  | 1,500                                       | 2,500  | 20  |
| N <sub>2</sub> O | 300   |  | 8-10 años                                   |
| H <sub>2</sub> S | 0.2   |  | 10-150 años                                 |
| Pb               | 0.005 µg/m <sup>3</sup>                     | 0.5-3 µg/m <sup>3</sup>                          |   |

Nota: El tiempo de residencia aproximado se refiere al tiempo que el contaminante permanece en la atmósfera.

- **Clasificación de los contaminantes**

Los contaminantes se clasifican de acuerdo a su origen en:

- Contaminantes primarios y
- Contaminantes secundarios

**Contaminantes primarios:** Son aquellos procedentes directamente de las fuentes de emisión. Su naturaleza física y su composición química es muy variada, y se pueden agrupar respecto a sus características, como su estado físico (partículas y metales), o elementos químicos comunes (contaminantes gaseosos).

**Contaminantes secundarios:** Se producen como consecuencia de las transformaciones, reacciones químicas y fotoquímicas que sufren los contaminantes primarios en el seno de la misma debido a la inversión térmica.

Las principales alteraciones atmosféricas producidas por los contaminantes secundarios son:

- Contaminantes generados por acción solar, la presencia de “smog” en el ambiente.
- La descomposición de los compuestos formados por azufre, que se combinan con la humedad del aire produciendo lluvia ácida, que indican la acidificación del medio.
- La presencia de compuestos de cloro causan la disminución del espesor de la capa de ozono.

En la tabla 1.2 se presenta una clasificación de los contaminantes, respecto al medio que se encuentran contaminando: aire, agua o suelo.<sup>6</sup>

### **c) Gases de Efecto invernadero (GEI).**

Los gases de efecto invernadero, son todos aquellos gases que impiden que el calor de la Tierra que recibe del sol se distribuya, atrapando el aire caliente en la atmósfera. Estos gases son:

- Bióxido de Carbono CO<sub>2</sub>.
- Hidrocarburos.
- Vapor de agua.
- Clorofluorocarbonos.
- Óxidos de nitrógeno.
- Ozono.
- Aerosoles.

**Tabla 1.2 Clasificación de contaminantes respecto al ambiente que altera.**

| Agente contaminante                      | Fuente   | Ambiente que contamina |
|--|--|------------------------|
| Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )*.  | Combustión de combustibles carbonosos para la producción de energía.   | Aire, agua.            |
| Óxidos de azufre (SO <sub>2</sub> )*.    | Producción energética y térmica derivada de combustibles que contienen azufre.                                   | Aire.                  |
| Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )*. | Oxidación de nitrógeno atmosférico a temperatura elevada (motores de combustión Interna).                        | Aire.                  |
| Fluoruros*.                              | Procesos de elaboración industrial (producción de aluminio, acero, abonos fosfatados, fabricación de ladrillos). | Aire.                  |
| Hidrocarburos*.                          | Escape de motores de gasolina y diesel; desechos de fábricas de gas, refinerías, industrias químicas.            | Aire, suelo, agua.     |
| Monóxido de carbono (CO).                | Combustión incompleta de materias carbonosas (automotores, procesos industriales).                               | Aire, agua.            |

Tabla 1.2 cont.

| Agente contaminante                         | Fuente   | Ambiente que contamina |
|---|--|------------------------|
| Partículas<br>aerotransportadas.            | Quemado de combustibles para la producción de calor y energía, procesos de elaboración industrial, incineración de desechos sólidos, incendios agrícolas y forestales. | Aire, agua.            |
| Contaminantes que afectan el olor del aire. | Procesos de elaboración industrial. Eliminación inadecuada de desechos líquidos y sólidos.   | Aire, agua, suelo.     |
| Plomo (Pb).                                 | Ingredientes antidetonantes en los combustibles para motores. Fundición de plomo; industria química; plaguicidas; pinturas, barnices y esmaltes.                       | Aire, agua, suelo.     |
| Cadmio (Cd).                                | Industria minera y metalúrgica, Industria química (acumuladores alcalinos, pinturas y materiales plásticos).   | Agua, aire, suelo.     |
| Fosfatos.                                   | Aguas residuales. Avenamiento agrícola. Detergentes.   | Aire, agua, suelo.     |
| Nitratos y nitritos.                        | Aguas residuales. Quemado de combustibles fósiles. Abonos nitrogenados.  | Agua.                  |



Tabla 1.2 cont.

| Agente contaminante                                  | Fuente   | Ambiente que contamina |
|--|--|------------------------|
| Sulfatos alquílicos (AS).                            | Detergentes en aguas residuales y desechos industriales.   | Agua.                  |
| Plaguicidas a base de compuestos orgánicos de cloro. | Aplicación en la agricultura y sanidad. Desechos industriales (fabricación de plaguicidas, manufactura de lana y alfombras). | Agua, suelo.           |
| Asbesto.   | Operaciones mineras; industria del asbesto y del cemento.  | Agua.                  |
| Petróleo.  | Extracción de petróleo; refinación; accidentes (derrames) en la industria petrolera.   | Aire, agua.            |
| Materia orgánica degradable.                         | Aguas residuales, basura, desechos industriales y agrícolas.   | Aire, agua.            |
| Desechos sólidos.                                    | Actividades domésticas, municipales, comerciales y agrícolas.  | Agua, suelo.           |
| Organismos patógenos.                                | Excreciones humanas y animales (aguas residuales).   | Aire, agua, suelo.     |
| Radiaciones ionizantes.                              | Usos terapéuticos; producción y ensayo de armas nucleares; producción de energía; industria e investigación.                 | Aire, agua, suelo.     |

Tabla 1.2 cont.

| Agente contaminante | Fuente   | Ambiente que contamina |
|---------------------|--|------------------------|
| Calor.              | Centrales energéticas a base de combustibles fósiles o nucleares. Grandes zonas urbanas. | Aire, agua.            |
| Ruido.              | Medios de transporte (aerona-<br>ves y vehículos); industria;<br>Construcción; barcos.   | Aire, agua.            |

\*Gases de efecto invernadero.

### **Bióxido de Carbono CO<sub>2</sub>.**

Gas incoloro, sin sabor y sin olor, usado en extintores y bebidas gaseosas. Es más denso que el aire. El CO<sub>2</sub> es uno de los productos de la combustión de la materia orgánica debida al proceso de respiración o a las combustiones artificiales. No es tóxico pero puede producir asfixia por desplazamiento del oxígeno.

Las causas naturales de la presencia de CO<sub>2</sub> en la atmósfera son: la actividad volcánica, la disolución de las calizas, la descomposición de los seres vivos y su respiración. El aumento en las contribuciones antropogénicas a bióxido de carbono en el aire es debido a la quema de combustibles (carbón, petróleo y gas natural).

Cada persona que vive en los países industrializados es responsable de la emisión anual de aproximadamente cinco toneladas métricas de CO<sub>2</sub> empleando combustibles que contienen carbono al transportar bienes de consumo, en la producción de calor o frío en industrias, aulas y oficinas o para producir y refinar el petróleo.

El aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha dado lugar al fenómeno del efecto inver-



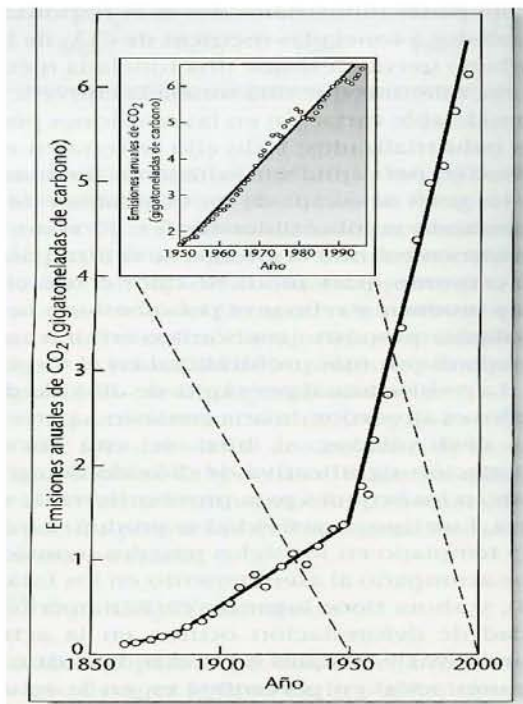
**Figura 1.2** Los incendios forestales emiten una gran cantidad de Bióxido de Carbono, influyendo en gran parte en el calentamiento global.

nadero. El  $\text{CO}_2$  y el agua retienen las radiaciones infrarrojas provenientes de la luz solar por parte de la tierra teniendo como consecuencia la elevación de la temperatura ambiente.<sup>67</sup> Se calcula que el 18% de aumento del  $\text{CO}_2$  atmosférico provocaría un aumento global de 0.5 grados centígrados en la temperatura promedio del planeta. La figura 1.3 muestra que la contribución a las emisiones de  $\text{CO}_2$  es proporcional al ingreso per capita siendo así los países más desarrollados los que más generan este problema de contaminación.<sup>12</sup> Además que la concentración de bióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado un 21%, aproximadamente, desde el inicio de la revolución industrial a la fecha.

### **Hidrocarburos.**

Familia de compuestos formados por hidrógeno y carbono, que se encuentran en el petróleo y gas natural. La volatilidad de los hidrocarburos se relaciona con el número de carbonos. El metano tiene un sólo carbono y por tanto un punto de ebullición más bajo, es un gas a temperatura ambiente.

Las principales fuentes de emisión de estos productos son las industrias del petróleo y del gas natural, así como los vehículos automotores, tanto por efectos



**Figura 1.3** Emisiones globales de CO<sub>2</sub> antropogénico procedente de la quema de combustibles fósiles y fabricación de cemento (fuente de datos tomada en promedio de 5 años a partir de G. Marland y T. Boden; Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory).

de evaporación o por una mala oxidación de los combustibles. La existencia de estos contaminantes en la atmósfera se debe a la emisión de hidrocarburos no quemados y a la formación de otras especies durante la combustión, así como la evaporación de compuestos orgánicos volátiles emitidos en diversas actividades industriales, como fabricación, almacenamiento y aplicación de solventes y pinturas.

La concentración de metano se ha duplicado desde la época preindustrial. El metano es un gas invernadero que absorbe 58 veces más calor que el CO<sub>2</sub>. Su presencia en la atmósfera se debe a la descomposición de materias orgánicas en un medio anaerobio. Las fuentes naturales masivas son los manglares y los pantanos. También los gases de los animales de la ganadería y las grandes extensiones de arrozales, contienen grandes cantidades de metano, aunque su contribución al aumento en la atmósfera es marginal.<sup>12</sup>



**Figura 1.4** En Madison Wisconsin la capa de hielo en el lago Mendota dura aproximadamente 40 días menos que hace 150 años. Fuente: National Geographic.

El metano está atrapado y congelado en el suelo oceánico bajo grandes presiones. Este metano congelado es una fuente de energía muy importante, y puede explotarse como recurso. No obstante, el calentamiento de la atmósfera derrite el hielo, en consecuencia aumenta el nivel del mar, liberando grandes cantidades de metano a la atmósfera (figura 1.4)

### **Vapor de Agua.**

De todos los gases de efecto invernadero el vapor de agua retiene más calor que los otros. El agua en la atmósfera se presenta de dos formas, que dependen de la humedad relativa: en vapor de agua, incoloro, y en forma de pequeñas gotas de agua en suspensión: nubes.



**Figura 1.5** Emisiones de Vapor de agua.

La presión de vapor del agua líquida aumenta con la temperatura, lo que provoca que la concentración del vapor de agua aumente como resultado de cualquier calentamiento global derivado del efecto invernadero inducido por otros gases.

### **Clorofluorocarbonos.**

Los clorofluorocarbonos (CFC) son productos de la química industrial. Son gases inertes que no reaccionan con los tejidos animales ni vegetales, por eso se han empleado masivamente en la producción de frío artificial, la propulsión de aerosoles y las espumas plásticas de la construcción. Desgraciadamente, al no ser naturales, su degradación es muy difícil, por lo que su presencia en la atmósfera se prolonga durante muchos años. Se degradan combinándose con el ozono, en la estratósfera, en condiciones de frío y luminosidad. Desgraciadamente esa reacción química también implica la destrucción del ozono.

Los CFC tienen el mayor potencial entre todos los gases para inducir el calentamiento global ya que son muy persistentes y absorben fuertemente la radiación térmica. El poder invernadero de los CFC es más que el CO<sub>2</sub>, sin embargo su concentración es de unas diez milésimas de partes por millón.

### **Óxidos de nitrógeno.**

La concentración atmosférica de los óxidos de nitrógeno fue constante hasta hace unos 300 años, desde entonces sólo ha aumentado hasta un 9% con un incremento anual del 0.25%, aunque el nivel de la concentración de NO<sub>2</sub> ha sido considerable; en el efecto invernadero provoca un aumento de casi la tercera parte del causado por el metano.

El N<sub>2</sub>O proviene de los océanos y de los procesos en suelos de zonas tropicales. Es un subproducto de los procesos de desnitrificación en ambientes aeróbicos y de

los procesos biológicos de nitrificación en ambientes anaeróbicos. En la quema de bosques los nuevos terrenos agrícolas emiten cantidades apreciables de  $N_2O$ . También parte de algunos abonos nitrogenados, amonios y nitratos, se convierten en  $N_2O$ .

Una última fuente de  $N_2O$  proviene del NO generado en los vehículos. En el intento de reducir los óxidos de nitrógeno hasta nitrógeno (en los automóviles es mediante los convertidores catalíticos) en algunos casos no se consigue la reducción total desprendiéndose a la atmósfera algo de  $N_2O$ .

### **Ozono.**

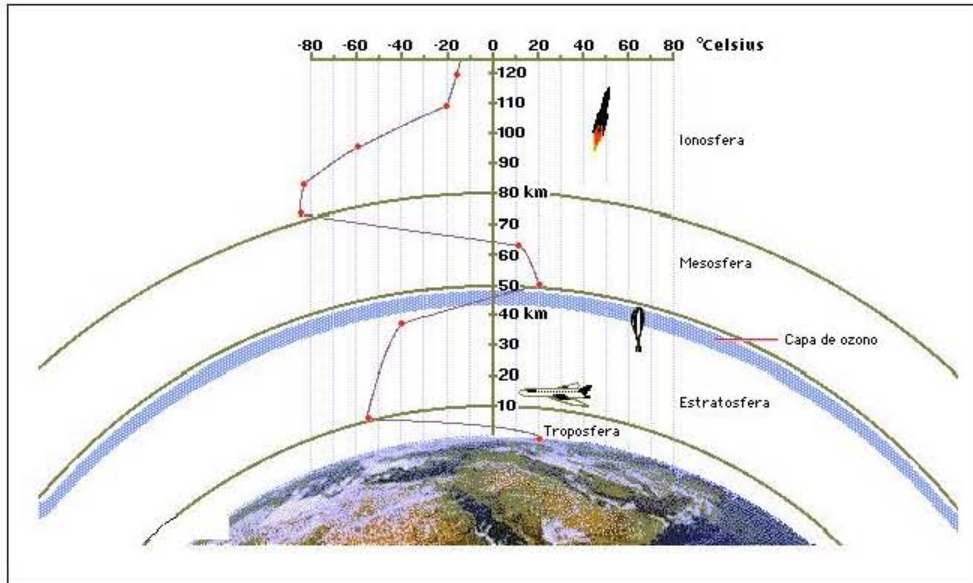
Es otro de los gases naturales como el metano y el  $N_2O$  con efecto invernadero, aunque su tiempo de residencia es breve.<sup>12</sup> Es un gas azulado de olor picante, alótropo del  $O_2$  poco denso y fuerte poder oxidante, tiene olor parecido al cloro. Se produce en forma natural durante las tormentas eléctricas, por el paso de descargas a través de la atmósfera; se encuentra en la estratósfera (figura 1.6). La formación de ozono en la tropósfera requiere óxido de nitrógeno, luz solar y  $O_2$ , siendo el ozono un más oxidante que el oxígeno.

El ozono es un contaminante secundario, formado a partir de la reacción de contaminantes primarios, como los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos.

El aire contiene porciones de ozono producido por las plantas, debido a la emisión de hidrocarburos conocidos como terpenos, que se forman al reaccionar con la luz solar y los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) en el ambiente. En la actualidad, debido a las enormes cantidades de hidrocarburos dispersados al aire en forma de óxidos de nitrógeno por los automóviles y los procesos industriales, se promueve la formación de ozono.

Las fuentes del ozono en la tropósfera son:

- a) Inyección desde la estratósfera.
- b) Producción fotoquímica  $\text{NO}_x$ / compuestos orgánicos.



**Figura 1.6** Capas de la atmósfera.

Los niveles elevados de ozono se asocian a efectos en la salud tales como constricción de pecho e irritación de las mucosas; provoca irritación de ojos, envejecimiento prematuro, oxida fuertemente los materiales como pinturas, plásticos y textiles.

Se le ha atribuido la destrucción de áreas boscosas y sus efectos se hacen notar en manchas blancas o claras sobre las hojas de la vegetación mientras que en el ser humano es capaz de acelerar el envejecimiento del tejido pulmonar.

Los fluidos utilizados en los equipos de refrigeración, aires acondicionados, aerosoles y esponjas plásticas, han deteriorado la capa de ozono en la estratosfera. El principal agente contaminante es el fluorocarbono, debido a los grandes volúmenes vertidos en la atmósfera durante la fabricación de productos destinados a satisfacer diversas necesidades de simple bienestar.



El predominio y la propagación de estas sustancias han dañado la capa de ozono. En la Antártica, donde se ha descubierto un agujero, debido al movimiento rotacional de la tierra; éste forma un remolino circular que aísla la columna atmosférica que cubre el continente, impidiendo que pueda penetrar masa de aire rica en ozono. Por otra parte se ha generado un debilitamiento de esta capa sobre la Selva Amazónica.

### **Aerosoles.**

Ignorar el efecto de los aerosoles en el calentamiento global del planeta ha llevado a sobre estimar el efecto invernadero, ya que su efecto es contrario al de los gases que se han venido estudiando. Los aerosoles son ricos en sulfato, en consecuencia, en su presencia llega menos radiación luminosa a la superficie terrestre. El resultado es que los aerosoles enfrían el aire próximo al suelo y contrarrestan los efectos del calentamiento global inducido por los gases con efecto invernadero.<sup>12</sup>

Efectos de los aerosoles:

- Es superior el calentamiento en el hemisferio sur (relativamente no contaminado) que en el hemisferio norte.
- Provoca que el calentamiento sea mayor en el horario nocturno que en el día.

Se cree que entre 20 y 40% del calentamiento debido al efecto invernadero, es contrarrestado por los aerosoles, actuando de manera inversa a éste.

**d) Efecto invernadero:** Este efecto se origina cuando algunos gases absorben radiación infrarroja emitida por la superficie de la tierra; a su vez, la atmósfera emite radiación en todas direcciones hacia la superficie de la tierra. Así, estos gases atrapan el calor dentro de la tropósfera. Produciendo un efecto invernadero natural, la radiación atmosférica está vinculada a la temperatura de la

zona donde se emite. La temperatura disminuye con la altura, es decir que a mayor altitud de la tropósfera, menor es la temperatura de ese ambiente.<sup>62</sup>

La radiación infrarroja emitida hacia el espacio, se origina a una altitud en que la temperatura es de  $-19^{\circ}\text{C}$ , mientras que en la superficie de la tierra se mantiene una temperatura de  $14^{\circ}\text{C}$ . Al aumentar la concentración de los gases de efecto invernadero, disminuye el paso de los rayos infrarrojos de la atmósfera hacia altitudes mayores, generando una radiación hacia el espacio; causando un desequilibrio que se compensa con un aumento de la temperatura del sistema en la troposfera. Esto es llamado el efecto invernadero acentuado.

El término efecto invernadero significa que las temperaturas globales promedio aumentarán varios grados, como consecuencia del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero.

Muchos científicos creen que este calentamiento global ha ido ocurriendo desde hace algún tiempo, siendo éste el principal responsable del aumento de la temperatura de alrededor de dos tercios de un grado Celsius ocurrido desde 1860.<sup>1</sup> Provocando efectos tanto positivos como negativos, asociados con cualquier aumento de la temperatura global promedio.

**Figura 1.7** Debido a los cambios de temperatura ocasionados por el calentamiento global muchas especies de animales no tendrán hábitat y migrarán. Dentro de algunos años se estima que otras especies no correrán con la misma suerte.



## 1.2. Efectos del Calentamiento global.

Desde el inicio de la revolución industrial se han presentado los cambios climáticos de la tierra como consecuencia del calentamiento global. El calentamiento del planeta se debe a que algunos gases impiden que se disipe el calor que la tierra recibe del sol, igual que sucede en un invernadero al quedar atrapado el aire caliente.<sup>68</sup>

El resultado es que nuestro planeta está sufriendo un "calentamiento global" y, por ende, un "cambio climático". Se ha relacionado con las últimas catástrofes ambientales ocurridas en varios países, debido a las tormentas, ciclones o huracanes, que traen consigo graves inundaciones y daños principalmente a la agricultura, ganadería y asentamientos humanos, afectados por estos fenómenos (figura 1.8). En caso contrario, se manifiesta como sequías y las temperaturas extremas, la falta de producción en el campo, la muerte del ganado por la escasez de agua y forrajes, las hambrunas, enfermedades y desnutrición.



**Figura 1.8** El calentamiento del planeta es el causante de desastres naturales más intensas recientemente. Huracán Isabelle, 2003.

### **Cambios en el clima desde la Revolución Industrial al Siglo XX.**

En la tabla 1.3 se muestran los cambios que ha sufrido el clima del planeta a nivel internacional durante el siglo XX, debido a la emisión de gases de efecto invernadero.<sup>20</sup>

**Tabla 1.3 Cambios en la atmósfera durante el Siglo XX.**

| EFECTO   | CAMBIOS OBSERVADOS  |
|--|---|
| <b>EFECTO EN LA CONCENTRACIÓN</b>                  |   |
| Concentración atmosférica de CO <sub>2</sub> .     | 288 ppm durante el período 1000–1750 a 368 ppm en el año 2000 (aumentó 28%).                            |
| Concentración atmosférica de CH <sub>4</sub> .     | 700 ppb (partes por billón) durante el período 1000–1750 a 1,750 ppb en el año 2000 (aumento del 150%). |
| Concentración atmosférica de N <sub>2</sub> O.     | 270 ppb durante el período 1000–1750 a 316 ppb en el año 2000 (aumento 17%).                            |
| Concentración Troposférica de O <sub>3</sub> .     | Aumento del 35% durante 1750–2000, con variación según las regiones.                                    |
| Concentración estratosférica de O <sub>3</sub> .   | Disminución en los años 1970–2000, con variación, según la altitud y latitud.                           |
| <b>EFECTO METEOROLOGICO</b>                        |   |
| Temperatura media mundial de la superficie.        | Aumento de 0.2°C en el Siglo XX; la superficie de la tierra se ha calentado más que los océanos.        |
| Temperatura en la superficie del hemisferio norte. | Aumento durante el Siglo XX; el decenio de 1990 ha sido el más cálido del milenio.                      |

Tabla 1.3 cont.

| EFECTO   | CAMBIOS OBSERVADOS   |
|--|--|
| <b>EFECTO METEOROLOGICO</b>                        |  |
| Temperatura diurna de la superficie.               | Disminución en el período 1950–2000 en las zonas terrestres; las temperaturas mínimas nocturnas han aumentado el doble de las temperaturas máximas diurnas.                                |
| Días fríos / Heladas.                              | Disminución en casi toda la zona terrestre durante el Siglo XX.  |
| Precipitaciones fuertes.                           | Aumento en latitudes medias y altas en el Norte.   |
| Frecuencia e intensidad de las sequías.            | Aumento del clima seco durante el verano y las sequías en partes de Asia y África.   |
| <b>EFECTO FISICOS Y BIOLÓGICOS</b>                 |  |
| Nivel del mar.                                     | Aumento a una velocidad media anual de 1 a 2 mm durante el Siglo XX.   |
| Duración de las capas de hielo en ríos y lagos.    | Disminución de unas dos semanas en el Siglo XX en las latitudes medias y altas del hemisferio norte.   |
| Extensión y espesor del hielo marino en el ártico. | Disminución de un 40% en los últimos decenios desde finales del verano a principios del otoño y disminución de su extensión en un 10 a 15% desde el decenio de 1950 en primavera y verano. |

Tabla 1.3 cont.

| EFECTO   | CAMBIOS OBSERVADOS  |
|--|---|
| <b>CAMBIOS FÍSICOS Y BIOLÓGICOS</b>                        |   |
| Capa de nieve.   | Disminución de su extensión en un 10% desde 1960.   |
| Fenómenos asociados con el Niño. (Explicado más adelante). | Mayor frecuencia, persistencia e intensidad durante los últimos 20 a 30 años en relación con los últimos 100 años.              |
| Área de distribución de plantas y animales.                | Desplazamiento de plantas, insectos, pájaros y peces hacia los polos o hacia altitudes más altas.                               |
| Cría, floración y migración.                               | Adelanto de la floración, la llegada de las primeras aves, la época de cría y aparición de los insectos en el hemisferio norte. |
| Decoloración de arrecifes de coral.                        | Aumento, especialmente durante los fenómenos asociados con el Niño.   |

Fuente: Resumen Técnico del Tercer informe de Evaluación del IPCC 2001.

### **Fenómeno del Niño.**

Se le conoce como Fenómeno del Niño al calentamiento irregular del agua oceánica frente a las costas occidentales sudamericanas, acompañado habitualmente de fuertes lluvias en las costas de Perú y Ecuador (figura 1.9).<sup>45</sup>

El término "El Niño" fue usado por primera vez para referirse a un calentamiento en la superficie del océano frente a las costas de ambos países que



**Figura 1.9** Regiones que abarca el Fenómeno del Niño.

se presenta de manera irregular. Alcanza su máximo desarrollo durante el mes de diciembre (de ahí su derivación del término "Niño Dios"). Este fenómeno, con duración de varios meses, provoca una reducción de nutrientes y la correspondiente reducción en la población de peces. A lo largo de los años, el término "El Niño" se ha usado para designar los intervalos de fuerte calentamiento en la superficie del mar, que no solamente afecta el desarrollo de la vida marina. También se considera que altera las condiciones climáticas en una buena parte de la superficie terrestre. Los cambios relacionados con el fenómeno del niño producen grandes variaciones en el tiempo y clima en todo el mundo. Algunas veces golpean duramente a las poblaciones humanas infligiéndoles sequías, inundaciones, olas de calor y otros cambios que pueden desorganizar gravemente la agricultura, la pesca, el medio ambiente, la salud, la demanda de energía y la calidad del aire.

En los años 20's, se descubrió una conexión entre lecturas de la presión en estaciones situadas en el Este y Oeste del Océano Pacífico. Observando que cuando la presión se incrementaba en el Este, disminuía en el Oeste, y viceversa. A este fenómeno se le denominó como: "Oscilación del Sur". Se observó que la temporada de lluvias torrenciales de verano en Asia, se asociaba con sequías en Australia, Indonesia, India y partes de África y con inviernos suaves o moderados en el oeste de Canadá.<sup>25</sup>

En la década de los 60's se estableció la relación entre "El Niño" y la "Oscilación del Sur". Así, científicos se percataron de la conexión entre el irregular calentamiento de la superficie del mar, el debilitamiento de los vientos alisios y lluvias torrenciales que acompañan condiciones de bajo índice en el Pacífico ecuatorial. La relación entre la Oscilación de Sur y El Niño es referida como el ENSO (El Niño Southern Oscillation) o FENOS (Fenómeno El Niño Oscilación del Sur).

Los cambios en la temperatura influyen en la salinidad de las aguas, cambiando las condiciones ambientales de los ecosistemas marinos, afectando las poblaciones de peces, especialmente en el Pacífico americano y por ende, la actividad pesquera. Los cambios en la circulación atmosférica alteran el clima global, con lo que se afectan la agricultura, los recursos hídricos y otras actividades económicas.

Con la presencia del "Niño" significa que muchas regiones normalmente húmedas, como Indonesia, llegan a ser secas, mientras que otras áreas secas como las costas del Oeste de América se humedecen con precipitaciones intensas. Otros impactos adversos incluyen un aumento en la frecuencia de incendios forestales, inundaciones, erosión costera, alteraciones en el anidamiento de aves marinas y en los arrecifes coralinos, así como la presencia de tormentas tropicales.

En una primera aproximación al impacto global del Fenómeno del Niño durante los años de 1997 y 1998, se dan algunas cifras que evidencian la magnitud del fenómeno.

### **Impacto global.**

Con la intención de obtener datos más fidedignos del impacto global del Niño 1997-1998, se realizó una investigación sobre la interacción clima-población. El resultado se muestra en la tabla 1.4:<sup>25</sup>



El Fenómeno del Niño ha dejado un impacto global a nivel mundial de:

- Costo de los daños: \$33,200 Millones de dólares, al año.
- Mortalidad: 24,120; al año.
- Personas desplazadas y sin vivienda: 6,258,000 al año.
- Personas afectadas : 110,997,518; al año.

De estas cifras en América Central y América del Sur se concentran:

- 54.4 % del total de pérdidas económicas;
- 4.1 % del total de la mortalidad;
- 5.8 % del total de personas desplazadas y sin vivienda;
- 24.5 % del total de personas afectadas.

**Tabla 1.4 Impacto global del Fenómeno del Niño 1997-98**

| Región              | Pérdidas directas US\$ (millones) | Mortalidad | Morbilidad | Afectados   | Desplazados | Acre afectados |
|---------------------|-----------------------------------|------------|------------|-------------|-------------|----------------|
| África              | 118                               | 13,325     | 107,301    | 8,900,000   | 1,357,500   | 476,838        |
| Asia                | 3,800                             | 5,648      | 124,647    | 41,246,053  | 2,544,900   | 3,861,753      |
| Asia-Pacífico       | 5,333                             | 1,316      | 52,209     | 66,810,105  | 143,984     | 7,031,199      |
| Centro y Sudamérica | 18,058                            | 858        | 256,965    | 864,856     | 363,500     | 14,102,690     |
| Total global        | 34,349                            | 24,120     | 533,237    | 110,977,518 | 6,258,000   | 56,687,632     |

Fuente. Sarmiento Juan Pablo, Crónicas del desastre. Fenómeno del Niño 1997 – 1998. Washington, DC, pag. 49.

En México, el 9 de octubre de 1997 los estados de Oaxaca y Guerrero fueron afectados por el huracán Paulina, con vientos a velocidades superiores a los 250 km/hr. Se informó de 15 muertos, 22 desaparecidos y 41,100 personas afectadas en el estado de Oaxaca. Y en el estado de Guerrero hubo 123 muertos y 3 desaparecidos.

La producción agrícola en América Latina es especialmente vulnerable a los efectos del Niño. Las primeras manifestaciones del fenómeno en 1997 han

afectado a los cultivos de cereales y frijoles de la primera cosecha en casi todos los países de América Central y del Caribe. Las pérdidas en las cosechas de 1997 de la subregión, se estiman entre un 15 y un 20%, como promedio, en comparación con el año anterior.

Para Asia y África las cifras son inversas: bajas pérdidas económicas pero con altísimos índices de mortalidad y de damnificados.

### **Huracán Katrina.**

Recientemente un fenómeno natural que causó gran devastación en la zona sur de los Estados Unidos, fue el Huracán Katrina, de categoría 5, manifestándose del 23 al 31 de agosto de este año. Se registraron pérdidas de más de 100 millones de dólares, se estiman más de 10,000 personas fallecidas, afectando las regiones de Florida, Mississippi, Alabama y Louisiana; también afectó a Texas, Arkansas, Georgia, Tennessee y otras ciudades del este de los estados de Estados Unidos, este de Ontario y este de Quebec, Canadá y las Bahamas.

La causa de tanta actividad sería la calidez de las aguas en el océano Atlántico, según científicos. El agua oceánica a 27 grados centígrados o más crea suficiente humedad en el aire para favorecer la formación de un ciclón o huracán. Una vez iniciado, un huracán sólo precisa agua cálida y las condiciones de viento adecuadas para mantener o intensificar su fuerza.

Uno de los principales efectos que tuvo este huracán fue la interrupción de la producción, importación y refinado de petróleo en el área del Golfo. De las refinerías de esta zona proviene la décima parte de todo el crudo que se consume en EE.UU. y casi la mitad de la gasolina que se produce en el país. Un 24% del gas natural se extrae de ahí, y sirve como almacén de la reserva estratégica nacional



**Figura 1.10** La ciudad de Nueva Orleans, luego del paso de Katrina (29 de agosto de 2005, 17:24:22 hora local).

de petróleo. Por lo menos veinte plataformas se perdieron, hundidas o a la deriva. El Puerto Fourchon en Louisiana, ubicado a 96 kilómetros de Nueva Orleans, fue embestido por el huracán. Este puerto representa entre 16 y 18% de la producción de petróleo en EE.UU.<sup>38</sup>

### **Huracán Wilma.**

El huracán Wilma que afectó la Península de Yucatán, ha sido el más poderoso y devastador registrado en nuestro país. Wilma impactó la Riviera Maya con vientos de hasta 270 km/hr, que aumentaron su velocidad debido a su lento paso entre dos y cinco kilómetros por hora. Inició con categoría 4 pero debido a su lentitud en el desplazamiento hizo un efecto similar al de varios huracanes consecutivos.

La zona turística de Cancún fue seriamente afectada por el aumento del nivel del mar, que en algunos casos cubrió hasta dos pisos de algunos hoteles. Además, la principal avenida de la ciudad que recorre varios kilómetros entre la costa y una zona interna de lagunas, desapareció bajo el agua. Y un costo de 30 millones de dólares aproximadamente para la reconstrucción, cerca de un millón de

damnificados y por lo menos ocho muertos. La industria petrolera no se vió afectada por este huracán.<sup>34</sup>

Esta temporada fue muy intensa, tal como lo pronosticaron en mayo y junio varios expertos. Katrina, Rita, Stan y Wilma, fueron tormentas que dejaron grandes daños materiales y cientos de muertos. Algunos científicos atribuyen esta sucesión de tormentas al cambio climático, causado por el uso intensivo de combustibles fósiles, pero otros sostienen que es sólo parte de los ciclos normales del planeta.

### **Conclusión.**

Al existir límites que definen cuándo la atmósfera está contaminada; al rebasarlos se establece que el medio ambiente está contaminado. Los efectos debido a la contaminación del planeta, perjudican directamente al aire, agua y suelo en su forma natural, como por ejemplo, las precipitaciones limpian el aire, sin embargo, arrastran contaminantes como óxidos de azufre, generando lluvia ácida.

Una de las alteraciones debido a la contaminación de sustancias nocivas al aire es el "efecto invernadero" causante del calentamiento global, el aumento de la emisión de estos contaminantes, llamados gases de efecto invernadero, son bióxido de carbono, metano, clorofluorocarbonos, óxidos de nitrógeno y ozono, principalmente. La contribución de estos gases al efecto invernadero se menciona en orden descendente respecto a la cantidad de concentración de ellos emitida a la atmósfera:

1. CO<sub>2</sub>
2. CH<sub>4</sub>
3. CFC
4. NO<sub>2</sub>
5. Ozono

El ozono y los clorofluorcarbonos son los gases que tienen mayor poder para absorber energía. Sin embargo sus concentraciones son menos significativas a las del bióxido de carbono, por lo que las emisiones de CO<sub>2</sub> contribuyen principalmente al calentamiento global. Es importante mencionar que las principales fuentes de CO<sub>2</sub> provienen de la combustión directa del uso de automóviles y de la generación de energía debido a la quema de combustibles fósiles.

La intensificación del efecto invernadero debido a las altas concentraciones de dichos gases, se ha incrementado paralelamente con el desarrollo industrial. Este aumento provoca que se tenga mayor energía atrapada en la atmósfera, induciendo el calentamiento global del planeta y con ello un incremento de la temperatura de éste.

El aumento en la temperatura origina cambios en los diferentes ecosistemas, como: el deshielo de polos, repercutiendo en el incremento del nivel del mar, y la intensificación de desastres naturales derivados del Fenómeno del Niño, como inundaciones, sequías, desaparición y migración de algunas especies de las regiones más afectadas por este fenómeno. Los desastres meteorológicos provocados por el calentamiento global han sido devastadores a lo largo del tiempo, afectando directamente a la economía, salud y al bienestar del planeta. Por lo que es importante comprender los factores que impulsan el aumento de las temperaturas globales, para poder llevar a cabo los pasos necesarios que conduzcan a evitar catástrofes potenciales causadas por estos cambios, así como las acciones a nivel internacional que se están tomando.

## **CAPITULO 2. ESFUERZOS INTERNACIONALES Y NACIONALES PARA MEJORAR EL MEDIO AMBIENTE.**

Ante la preocupación del problema de cambio climático, se necesita controlar el calentamiento global, promoviendo por parte de algunas instituciones, protocolos y convenios a la mejora de la calidad del Medio Ambiente.

La Organización de las Naciones Unidas, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y de La Organización Meteorológica Mundial (OMM), establecieron en 1988 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático cuyas siglas en ingles son IPCC. Su base se encuentra ubicada en Ginebra, Suiza y su propósito es evaluar la información sobre el cambio climático que se difunde a nivel mundial.

Con base en la problemática de cambio climático, instituciones internacionales como el IPPC han promovido la creación de protocolos y convenios en la protección al medio ambiente con el objetivo de hacer reflexionar a los responsables del impacto ambiental y a la sociedad en general, acerca de los efectos sobre el ambiente y los seres humanos.

La Convención Marco sobre el cambio climático, está formada por todos los países que la han ratificado. Hasta julio de 2003, eran ya 188 países miembros de ella. Entre ellos, Brasil, a través del Ministerio de Medio Ambiente, El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, también países como Canadá, Francia, Inglaterra, Japón, entre otros, a través de sus instituciones para mejorar el Ambiente.

En 1985, el PNUMA promovió el primer acuerdo general sobre el ozono; de esta organización comenzaron a advertir que la capa de ozono podría agotarse a menos que se dejaran de utilizar los productos químicos que la destruían. A través

de este acuerdo, conocido como el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, los gobiernos enunciaron proteger la capa de ozono. Los compromisos concretos se estipularon en 1987 en el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.

El Protocolo de Montreal y el segundo informe de evaluación del IPCC, son la base para la aceptación de Protocolo de la Convención de Kyoto, Japón en 1997.

México, a través de la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), por medio del Instituto Nacional de Ecología, cumple los compromisos internacionales y forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, celebrada en Río de Janeiro, Brasil en 1992, vigilando que se cumplan los tratados establecidos por en el Protocolo de Kyoto y Montreal.

En este capítulo se mencionan las instituciones y documentos realizados para controlar que no avance del calentamiento global.

- IPCC
- Protocolo de Montreal y
- Protocolo de Kyoto.
- SEMARNAT.

Por otra parte, Institutos de investigación como la NASA, en cuanto a monitoreo, uno de sus departamentos lleva a cabo mediante modelos vía satélite, registros de los cambios de temperatura en el planeta.

## **2.1 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC.**

El IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) es un organismo compuesto de tres grupos de trabajo y un equipo especial sobre inventarios nacionales de los gases de efecto invernadero.<sup>56</sup>

El grupo de trabajo I evalúa los aspectos científicos del sistema y del cambio climático. El grupo de trabajo II aborda cuestiones relativas a la vulnerabilidad de seres humanos y sistemas naturales al cambio climático, sus consecuencias negativas, positivas y las posibilidades de adaptación a esos cambios. El grupo de trabajo III examina las posibilidades de limitar la emisión de gases de efecto invernadero y mitigar el cambio climático, así como cuestiones económicas.

El IPCC ha preparado tres informes de evaluación en varios volúmenes: el primero se publicó en 1990, el segundo en 1995 y el tercero en el 2001.

El **Primer Informe de Evaluación** del IPCC (1990) tuvo gran impacto en el público en general. Se confirma la existencia de bases científicas de las preocupaciones relativas al cambio climático; éste informe consta de cuatro volúmenes:

1. Disminución de los efectos del cambio climático;
2. Se realiza una evaluación actualizada de los escenarios de emisiones del IPCC;
3. Habla sobre los Criterios técnicos del IPCC para evaluar los impactos del cambio climático y las estrategias de adaptación;
4. Directrices del IPCC para realizar inventarios nacionales de los gases de efecto invernadero.

Este documento llevó a los gobiernos a establecer el Comité Intergubernamental de Negociación que adoptó en 1992 la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), de las Naciones Unidas.

El **Segundo Informe de Evaluación** adoptado en 1995 y publicado en abril de 1996, se presentó a la consideración de la segunda reunión de los países miembros de la CMCC, celebrada en Ginebra. Este informe contribuyó a las



negociaciones que condujeron a la adopción de la convención de Kyoto un año más tarde.

El **Tercer Informe de Evaluación**, es un resumen y actualización de las dimensiones científicas, técnicas y socioeconómicas del cambio climático. Se cuenta con resultados de los últimos estudios realizados desde 1995.

El IPCC ha editado varios informes al respecto, siendo los más destacados:

- Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad, 1997.
- La aviación y la atmósfera global, 1999.
- Cuestiones metodológicas y tecnológicas de la transferencia de tecnología, 2000.
- Escenarios de emisiones, 2000.

El IPCC lleva a cabo las tareas sobre metodología y prácticas relacionadas con los inventarios de gases de efecto invernadero. Los criterios del IPCC para realizar inventarios se preparan de manera que los países integrantes de la Convención Marco sobre el Cambio Climático puedan usar metodologías comparables al calcular las emisiones y eliminación de estos gases en sus países.

## **2.2 Protocolo de Montreal.**

La preocupación creciente sobre la gravedad del aumento de cloro en la atmósfera ha llevado a establecer acuerdos internacionales para prohibir la producción de clorofluorocarbonos (CFC) en el mundo. El punto inicial fue en 1987, en la conferencia de Montreal, Canadá, que dio lugar al Protocolo de Montreal; este acuerdo fue más tarde consolidado por decisiones acordadas en conferencias que siguieron, como la de Londres en 1990, Copenhague en 1992, Viena en 1995 y otra vez en Montreal en 1997. Como resultado de este acuerdo internacional, todos los compuestos destructores de ozono deben prohibirse en todas las naciones.<sup>2</sup>

Toda la producción legal de CFC en países desarrollados finalizó en 1995. A los países en vías de desarrollo se les ha permitido esperar hasta el 2010 para cumplir este acuerdo. Cabe señalar que algo de la producción de CFC en estos países y en Rusia es comercializado de contrabando hacia países desarrollados. También ha sido prohibida la producción de tetracloruro de carbono y metilcloroformo. Los países desarrollados han acordado finalizar la producción de hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) hacia el año 2030, mientras que los países en vías de desarrollo lo harán hacia el 2040, sin permitir aumentos de producción después del 2015.

La producción del halón fue interrumpida en 1994, a partir del Protocolo de Montreal. Sin embargo, debido a las cantidades existentes almacenadas, su uso aún continúa, igual que las emisiones de equipos contra incendios, con lo que la concentración atmosférica de este compuesto continua aumentando. La influencia de los CFCs sobre el clima en el futuro se reducirá debido a los requerimientos de los Protocolos de Montreal, los cuales prohibieron su producción en los países desarrollados después del año 1995.

México participó en 1987, en el Protocolo de Montreal, intentó controlar los clorofluorocarbonos; gracias a ello, son pocos los productos mexicanos que los contienen como propelente. Cabe mencionar que estos productos no se sintetizan en el país.

### **2.3 Protocolo de Kyoto.**

Antecediendo a éste, el Protocolo de Montreal y el Segundo Informe de Evaluación realizado por el IPCC en 1995. Surge de una convención celebrada en esta ciudad, sobre el cambio climático, llevada a cabo el día 11 de Diciembre de 1997.

Es un tratado internacional en el cual se genera un compromiso de países desarrollados y en desarrollo para disminuir las emisiones totales de gases de efecto invernadero no establecidos en el Protocolo de Montreal. Está compuesto por 28 capítulos y anexos A y B. En dichos anexos se identifican los gases de efecto invernadero, las fuentes emisoras de gases, los desechos y los países que adquieren el compromiso de cuantificar o reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se determina como gases de efecto invernadero al bióxido de carbono, etano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafloruro de azufre, y al ozono, establecido este último en el Protocolo de Montreal.

Como fuentes emisoras establece en el sector energético:

- Por quema de combustible: las industrias de energía, industria manufacturera y construcción, transporte, entre otros.
- Por emisiones fugitivas de combustibles: combustibles sólidos, petróleo y gas natural, entre otros.
- En los procesos industriales: productos minerales, industria química, producción de metales, producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre. La utilización de disolventes y otros productos.
- En la agricultura: fermentación entérica, aprovechamiento del estiércol, cultivo del arroz, suelos agrícolas, quema prescrita de sabanas, quema en el campo de residuos agrícolas.
- En desechos: la eliminación de desechos sólidos en la tierra, el tratamiento de aguas residuales, incineración de desechos.

El protocolo establece que los países que firmen dicho tratado deberán tomar las medidas necesarias para que entre el 2008 y 2012 disminuyan sus emisiones de gases de efecto invernadero en 5.2% con respecto a las de 1990 (año base para contabilizar las emisiones de los países que acepten el protocolo).

Las emisiones debidas a la actividad humana y la absorción de los sumideros de gases de efecto invernadero será examinada por el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico. Todos los países que firmen el tratado determinan las modalidades, normas y directrices sobre la forma de sumar o restar a las cantidades atribuidas a cada nación.

Las emisiones reportadas para gases de efecto invernadero deberán expresarse en dióxido de carbono equivalente, multiplicado por cinco. Las emisiones antropógenas agregadas a las fuentes, menos la absorción por los sumideros en 1990 debidas al cambio del uso de la tierra, será la cantidad de emisiones totales que cada nación tenga. Para gases como los perfluorocarbonos y hexafluoruros de azufre se utilizará el año 1995 para hacer los cálculos base de emisiones.<sup>59</sup>

Cada país que firme el tratado deberá formular medidas para mejorar la calidad de los factores de emisión, así como medidas científicas y tecnológicas para mitigar el cambio climático y facilitar una adaptación adecuada a éste.

Los países desarrollados deberán proporcionar recursos financieros para cubrir con los gastos para llevar adelante el cumplimiento de los compromisos adquiridos de acuerdo al protocolo. Así como facilitar la transferencia de tecnología para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero a los países en vías de desarrollo.

El Secretario General de las Naciones Unidas es el Depositario del Protocolo. El original del Protocolo se imprimió en los idiomas árabe, chino, español, francés, inglés y ruso.

El protocolo quedó abierto a la firma de éste en la Sede de las Naciones Unidas en Nueva York a partir del 16 de marzo de 1998 al 15 de marzo de 1999 (artículo 28). El protocolo sólo lo firmaron 57 países, con problemas pendientes,

analizándolos en la Conferencia de Buenos Aires (celebrada en noviembre de 1998), pero cada vez más países firman el tratado. En la actualidad hay 132 países que ya firmaron el Protocolo. México firmó el 9 de junio de 1998 y ratificó su firma el 7 de septiembre de 2000. Pero hay países como Estados Unidos de América, Austria, Bangladesh y Mónaco, que aún no han ratificado su firma para que este protocolo entre en vigor, siendo que las emisiones de estos países representan tres cuartas partes de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> mundial.

El protocolo de Kyoto busca frenar gradualmente la problemática del cambio climático, estableciendo plazos y medidas concretas para que los países industrializados reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente de bióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Posteriormente se han organizado otras convenciones siendo una de ellas en el 2001 en Bonn, Alemania en la que se contó con el respaldo de Japón para que dicho tratado pueda entrar en vigor. En el 2002, se llevó a cabo la Cumbre de Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, Sudáfrica, Convocada por las Naciones Unidas, en la que se trató el acceso de comunidades marginadas a servicios de salud, agua potable, energía y la protección del medio ambiente en el mundo. En particular se estableció el compromiso que, para el 2015, se disminuirá el número de personas que no cuenten con servicios sanitarios básicos y agua potable; para el 2005 se eliminarán los desechos tóxicos y se incrementará el aprovechamiento de energías renovables.

#### **2.4 La Secretaria de Medio Ambiente Y Recursos Naturales.**

Desde 1992, México ha participado en la negociación y desarrollo ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); como parte de los compromisos en este foro, se presentó en 1997 la Primera Comunicación Nacional de México ante la CMNUCC, la cual incluyó avances y resultados de estudios, talleres, cursos y conferencias, publicaciones sobre vulnerabilidad y el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto

Invernadero 1990 para México. La elaboración de la Segunda Comunicación Nacional de México se inició en el año 2000, incluye la actualización del Inventario para 1994, 1996 y 1998.<sup>70</sup>

La actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero de México fue realizada mediante la metodología revisada para 1996 del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). El Inventario incluye gases de efecto invernadero directos: bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e indirectos (que contribuyen a la formación atmosférica del ozono): monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles que no incluyen al metano (COVNM).

El Instituto Nacional de Ecología (INE) trabaja conjuntamente con la SEMARNAT, éste se encarga de realizar las investigaciones sobre el cambio climático en México, tanto para mitigarlo como para la adaptación del mismo, con el fin de asegurar el cumplimiento de los compromisos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo y en los Programas Sectoriales e Institucionales (2001-2006) y con los adquiridos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC.<sup>40</sup>

Los objetivos específicos son:

- a) Actualizar de manera periódica el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero, por fuentes y sumideros;
- b) Elaborar Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático;
- c) Realizar estudios metodológicos para la mitigación de emisiones en el sector energético y en el forestal; análisis de la variabilidad climática, y el cambio climático;
- d) Realizar estudios metodológicos para la evaluación de la vulnerabilidad y de las opciones de adaptación al cambio climático.

- e) Establecer escenarios de emisiones futuras;
- f) Realizar estudios sobre los beneficios de la salud al reducir la quema de combustibles fósiles en las ciudades y promover el desarrollo de tecnologías más limpias;
- g) Integrar un sistema de manejo de datos sobre la contaminación urbana, regional y global.

La primera estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para México se realizó en 1995 con cifras de 1990 y sus resultados se presentaron ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 1997. Posteriormente se calcularon las emisiones de 1994, 1996 y 1998 con la metodología revisada del IPCC de 1996.

Desde su lanzamiento en México en el 2001, el Protocolo de GEI se ha constituido en la norma más utilizada a nivel internacional para el cálculo corporativo de emisiones de dióxido de carbono y otros cinco contaminantes causantes del calentamiento global. Este Protocolo fue desarrollado por más de 500 expertos provenientes de empresas, organismos no gubernamentales y gobiernos. Inicialmente fue probado en 30 empresas de 10 países; pero actualmente ha sido adoptado por más de 150 compañías.

El Protocolo sobre GEI fue voluntario, ratificando el protocolo de Kyoto en el 2001, imponiéndose límites de emisiones de GEI. El Programa GEI México es coordinado por la SEMARNAT.

## **2.5 Instituto de los Estudios del Espacio (NASA).**

La NASA tiene varios proyectos que observan y analizan los cambios del clima. La misión del observatorio encargado de monitorear, es que cualquier satélite lanzado durante los próximos años, tomará medidas de la tierra y el sol pertinentes al cambio del clima. En diciembre de 1999 se lanzó el satélite "Terra",

cuyo objetivo es recuperar las lecturas globales de las temperaturas de superficie de Tierra, capas de nieve, las propiedades de las nubes, metano, densidad de vegetación, y un organizador de otras variables que influyen en el clima. Las medidas se toman una vez al día. Estas medidas tomadas por el satélite son más eficaces que las tomadas en la superficie del planeta.

El satélite de Aqua es el segundo de la NASA que observa el sistema. Ahí se diseñan instrumentos a bordo para medir el equilibrio de energía y las temperaturas en la tierra, mar, y atmósfera.<sup>36</sup>

Desde 1970, investigadores han estado construyendo modelos climáticos con estos datos obtenidos de lecturas del satélite. Han construido varios modelos para entender la manera en la que la Tierra absorbe y refleja radiación solar.

Con la recolección de datos y los modelos de los últimos 25 años, la NASA y otras instituciones que tratan del calentamiento global todavía están analizando una manera de prever el futuro. Finalmente, el objetivo es determinar los cambios ocurridos en el clima que son de origen natural y debido a la influencia humana.

## **Conclusión.**

Impulsando el desarrollo de la tecnología, para “mejorar” la calidad de vida, inconscientemente se afecta al medio ambiente. Algunos países preocupados por los cambios que sufre el planeta han establecido leyes y normas que regulan la generación de productos ajenos al medio ambiente, sin embargo estos esfuerzos no han recibido el apoyo necesario para llevarse a cabo desde nivel personal, social, industrial y educativo, debido a la falta de información y difusión.

Ante estas necesidades, se crearon organismos como el IPCC, que ha efectuado los informes sobre emisiones, así como las consecuencias que tendría un aumento de éstas. Los informes de esta Institución han tenido resultados como el Protocolo



de Kyoto y el Protocolo de Montreal, el primero adopta una manera de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el segundo a los compuestos con cloro que dañan la capa de ozono que inducen el calentamiento global. Actualmente no hay empresas mexicanas que produzcan compuestos que afectan directamente a la capa de ozono, aunque sí se emplean.

México a través del Instituto Nacional de Ecología ha procurado cumplir con los tratados establecidos mundiales para mejorar la calidad de las emisiones de gases de efecto invernadero: investigando los efectos del cambio climático, realizando inventarios de emisiones, así como difundiendo a nivel industrial, la regularización para adoptar nuevos modelos, con el fin de medir sus emisiones, para controlarlas y disminuirlas. Sin embargo para muchos de los empresarios, esta normalización no es redituable ya que implica un costo supuestamente innecesario, por lo que en la mayoría de los casos, este tema no es de su interés.

Países como Estados Unidos siguen sin ratificar el Protocolo de Kyoto justificándose en que es un fenómeno debido a los cambios normales que sufre la tierra, sin embargo el IPCC ha demostrado que la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero, sobre todo de bióxido de carbono, aumentan debido a la actividad humana y con ella los cambios climáticos en el planeta.

Mucho se habla de las emisiones de gases de efecto invernadero y se dice que los países más desarrollados, son los que más aportan a dichas emisiones. Un país desarrollado, implica un nivel productivo mayor. Lo cierto es que este problema es preocupante y si no se hace algo para controlarlo, se tendrán consecuencias fatales. Cada país debe tener un control de sus emisiones, para poder detener la concentración de estos gases en el ambiente y establecer normas necesarias para detener este problema.

## **CAPITULO 3. CONTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA NACIONAL AL CALENTAMIENTO GLOBAL.**

Uno de los propósitos del Protocolo de Kyoto es conocer las emisiones originadas en cada país, para tener un control de ellas y así poder disminuirlas, ¿Qué las provoca?, ¿Cuáles son?, ¿Quién emite en mayor cantidad?. Son preguntas para poder resolver el problema de calentamiento global a nivel regional.

La mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero son debidas a la actividad humana. Gran parte de estas actividades se deben a la generación de energía y los procesos industriales. En este capítulo se dará un enfoque de las emisiones de gases de efecto invernadero totales que hay en nuestro país, de la siguiente manera:

1. Emisiones totales de gases de efecto invernadero en México.
2. Emisiones por consumo de energía, debido a la generación de energía y procesos industriales.
3. La industria en México.
4. Contaminación en la Industria Nacional.
5. Emisiones de gases de efecto invernadero, causadas por la industria.

### **3.1 Emisiones Totales de Gases de efecto invernadero en México.**

En México se emiten aproximadamente 360 millones de toneladas de bióxido de carbono, al año, siendo el país con la emisión más alta de América Latina, contribuyendo con aproximadamente el 1% de las emisiones mundiales.<sup>26</sup>

Durante la década de los noventa, la emisión de CO<sub>2</sub> en México se incrementó en un 23.1%, de acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Durante el año de 1998 las emisiones totales de todas las fuentes de energía y emisiones fueron de un poco más de 350 millones de

toneladas de CO<sub>2</sub>, de las cuales casi el 60%, se produjeron por la generación eléctrica y el sector transporte.

El inventario más reciente se tuvo en 1998 en el cual se registran las emisiones de gases de efecto invernadero, éste muestra que las emisiones de CO<sub>2</sub> en el país son mayores con relación a otros gases de efecto invernadero. En quema de combustibles se emite el 89% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>; el sector industrial emite el 18% de CO<sub>2</sub> con relación a otros sectores, la industria energética el 14%, así como la generación de energía eléctrica el 29% de emisión de CO<sub>2</sub>, el uso de transporte emite el 30% de total, poco más que en generación de energía. Los procesos industriales emiten el 11% restante del total de emisión (Tabla 3.1).

De gas metano CH<sub>4</sub>, el total nacional corresponde aproximadamente a 8 millones de toneladas, de las cuales el 33% de las emisiones son debidas a la quema de combustibles y emisiones provenientes de combustibles como gas natural y petróleo que emiten el 97% del total de las emisiones. Debido a la quema de combustibles, se emite el 3.1% de las emisiones totales. El sector industrial emite el 3.5%, industria energética el 1.5% y la generación de energía eléctrica el 1.4%. Los procesos industriales, emiten el 0.056%, el sector agropecuario es del 25.5% del total de emisiones, principalmente a causa de la fermentación entérica que emite el 95%. Las emisiones de CH<sub>4</sub> correspondientes a los desechos emiten el 41% del total de emisión, esto debido a la deposición de desechos sólidos y al tratamiento de aguas residuales.

En la tabla 3.1 se muestra el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, en gigagramos, elaborada por la Semarnat, en el año 2001.<sup>30</sup>

De las emisiones totales de N<sub>2</sub>O, el 24% es debido a la combustión por quema de combustibles en la producción de energía, el 0.00421% corresponde a los procesos industriales, el 76% es debido al sector agropecuario, proveniente de

**Tabla 3.1 Inventario Nacional de gases de efecto invernadero**

| <b>EMISIONES TOTALES NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (1990-1998)</b> |                    |                  |                  |                  |                  |                |                  |              |
|--|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|------------------|--------------|
| (1 Gigagramo = 10 <sup>9</sup> gramos = mil toneladas)                         |                    |                  |                  |                  |                  |                |                  |              |
| Fuente de emisiones  | CO <sub>2</sub>    | CH <sub>4</sub>  | N <sub>2</sub> O | NO <sub>x</sub>  | CO               | COVNM          | SO <sub>2</sub>  | HCFCs        |
| <b>1. Total de energía</b>   | <b>350,380.378</b> | <b>2,634.242</b> | <b>11.249</b>    | <b>1,133.101</b> | <b>5,604.888</b> | <b>725.594</b> | <b>1,157.849</b> |              |
| <b>A. Quema de combustibles</b>  | 350,380.378        | 81.480           | 11.249           | 1,133.101        | 5,604.888        | 725.594        | 1,157.849        |              |
| 1. Transporte  | 104,592.431        | 24.350           | 8.860            | 615.643          | 3,864.700        | 560.062        | 51.420           |              |
| 2. Industria (ISIC <sup>1</sup> )  | 62,407.609         | 2.863            | 0.659            | 76.093           | 482.369          | 7.871          | 364.019          |              |
| 3. Industrias energéticas  | 47,300.838         | 1.227            | 0.120            | 66.419           | 12.299           | 3.849          | 60.261           |              |
| 4. Generación eléctrica  | 101,343.080        | 1.200            | 0.585            | 313.483          | 19.883           | 6.727          | 638.244          |              |
| 5. Residencial   | 22,579.848         | 51.765           | 0.982            | 46.383           | 1,223.317        | 146.517        | 8.571            |              |
| 6. Comercial   | 6,418.168          | 0.059            | 0.011            | 9.943            | 1.072            | 0.183          | 17.514           |              |
| 7. Agricultura   | 5 738.403          | 0.017            | 0.031            | 5.138            | 1.248            | 0.386          | 17.819           |              |
| <b>B Emisiones fugitivas de combustibles</b>                                   |                    | 2,552.761        |                  |                  |                  |                |                  |              |
| 1. Combustibles sólidos  |                    | 2,552.761        |                  |                  |                  |                |                  |              |
| <b>2. Procesos industriales</b>  | <b>44,345.580</b>  | <b>4.516</b>     | <b>0.002</b>     | <b>5.878</b>     | <b>92.379</b>    | <b>344.297</b> | <b>12.316</b>    | <b>1.674</b> |
| 1. Productos minerales   | 18,225.109         |                  |                  |                  | 0.001            | 261.399        | 9.275            |              |

Tabla 3.1 cont.

| <b>EMISIONES TOTALES NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (1990-1998)</b> |                 |                  |                  |                 |                |        |                 |       |
|--|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|--------|-----------------|-------|
| Fuente de emisiones  | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub>  | N <sub>2</sub> O | NO <sub>x</sub> | CO             | COVNM  | SO <sub>2</sub> | HCFCs |
| 2. Industria química   | 2,721.000       | 4.516            | 0.002            | 5.040           | 15.529         | 12.191 | 0.425           |       |
| 3. Producción de metales   | 23,399.471      |                  |                  | 0.344           | 75             | 0.091  | 0.304           |       |
| 4. Otros   |                 |                  |                  | 0.495           | 1.849          | 70.616 | 2.311           |       |
| <b>3. Agricultura</b>  |                 | <b>2,059.102</b> | <b>36.220</b>    | <b>13.221</b>   | <b>232.778</b> |        |                 |       |
| 1. Fermentación entérica   |                 | 1,972.580        |                  |                 |                |        |                 |       |
| 2. Manejo de estiércol   |                 | 60.728           | 0.020            |                 |                |        |                 |       |
| 3. Cultivo de arroz  |                 | 14.710           |                  |                 |                |        |                 |       |
| 4. Suelos agrícolas  |                 |                  | 35.835           |                 |                |        |                 |       |
| 5. Quema <i>in situ</i> de residuos agrícolas                                  |                 | 11.085           | 0.366            | 13.221          | 232.778        |        |                 |       |
| <b>4. Desechos</b>   |                 | <b>3,362.788</b> |                  |                 |                |        |                 |       |
| 1. Deposición de desechos sólidos  |                 | 1,981.151        |                  |                 |                |        |                 |       |
| 2. Tratamiento de aguas residuales   |                 | 1,381.637        |                  |                 |                |        |                 |       |

Tabla 3.1 cont.

| <b>EMISIONES TOTALES NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (1990-1998)</b>  |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |              |
|---|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------|
| Fuente de emisiones   | CO <sub>2</sub>    | CH <sub>4</sub>  | N <sub>2</sub> O | NO <sub>x</sub>  | CO               | COVNM            | SO <sub>2</sub>  | HCFCs        |
| <b>Total nacional</b>   | <b>394,725.957</b> | <b>8,060.648</b> | <b>47.471</b>    | <b>1,152.201</b> | <b>5,930.055</b> | <b>1,069.892</b> | <b>1,170.163</b> | <b>1.674</b> |
| 1 ISIC: Clasificación Internacional del Sector Industrial que incluye, entre otros, la producción de cemento y la metalurgia.   |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |              |
| COVNM: Compuestos orgánicos volátiles, no incluyen al metano.   |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |              |
| Nota: La metodología aplicada a la información de 1990, tiene algunas diferencias con la aplicada a los datos de 1994, 1996 y 1998, tanto en la incorporación de fuentes de emisión, como en cambios metodológicos, por lo que las comparaciones entre éstas deben tomarse con reserva. Los espacios en blanco fueron reportados por el área técnica. La suma de los parciales no coincide con los totales debido al redondeo |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |              |
| <b>Fuente:</b> Semarnat, Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global, México, 2002.   |                    |                  |                  |                  |                  |                  |                  |              |

suelos agrícolas. Los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), contribuyen al 98% de las emisiones en total de energía debido a la quema de combustibles y el 0.5% que corresponden a los procesos industriales. De las emisiones de CO totales el 95% es debido a la quema de combustibles, de éste, el 8.6%, corresponde a la quema de combustible en el sector industrial. De los procesos industriales se emite el 1.6% de CO, debido principalmente a la producción de metales. De las emisiones de compuestos orgánicos volátiles que no incluyen al metano (COVNM) el 68% corresponde a la quema de combustibles y el 32% restante es debido a los procesos industriales.

De las emisiones totales de bióxido de azufre, son 99% correspondientes a la quema de combustibles, el 1% restante es debido a los procesos industriales. De las emisiones de HCFCs totales del país son debidas a los procesos industriales.

### **3.2 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por consumo de energía.**

La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT), en el año 2000, publicó el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero que abarca de 1994 a 1998; en él presenta las cantidades de emisiones de dichos gases y su fuente.

Los principales resultados muestran que la emisión de dióxido de carbono asociada al consumo de energía en los sectores residencial, comercial, agropecuario, industrial, de la generación de energía y generación de electricidad, alcanzó en el año de 1998 el valor de 245.8 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$ , 31% más que en 1990.<sup>30</sup>

La economía y el consumo de energía del país están sustentados principalmente en el petróleo. En 1998, el país produjo cerca de 1,120.7 millones de barriles de

petróleo crudo. Esta dependencia de los recursos fósiles hace que México se encuentre entre los quince países de mayor cantidad de emisiones de GEI.

Las emisiones de dióxido de carbono asociadas a la combustión por consumo de energía de fuentes fijas y de área, alcanzaron en 1998 el valor de 245.8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (Teragramos Tg de CO<sub>2</sub>), 31% más que en 1990. Al igual que el consumo de energía, en 1995 las emisiones debidas se reducen en el sector industrial energético 13.10% respecto a su valor en 1994 producto de la crisis económica, pero se incrementan en 21% entre 1995 y 1996, debido al acelerado crecimiento económico de ese año. La generación de electricidad es el sector de mayor consumo, seguido por el industrial. En el primer caso, las emisiones se incrementan en 25% durante el período 1990-1998 y en el segundo 12%. En la tabla 3.2 se muestran las emisiones de dióxido de carbono asociadas al consumo de energía en fuentes fijas y de área del sector industrial y de las industrias energéticas.

**Tabla 3.2 Emisiones de CO<sub>2</sub>.**

| <b>EMISIONES DE BIODIDO DE CARBONO</b> |             |             |             |             |             |             |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Miles de Toneladas (Gg)                |             |             |             |             |             |             |
| <b>Sector</b>                          | <b>1990</b> | <b>1992</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1998</b> |
| Industrial                             | 55.769      | 55.757      | 59.926      | 61.070      | 62.083      | 62.408      |
| Industrias energéticas                 | 37.872      | 38.586      | 37.056      | 32.201      | 38.976      | 47.301      |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1990 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1.

Las emisiones de monóxido de carbono por consumo de energía en el sector industrial y la industria energética se muestran en la tabla 3.3. Las emisiones de CO durante el período se incrementaron casi un 28% en el consumo de energía en el sector industrial, las emisiones por industrias energéticas fueron de 38.2% más en 1998 que en 1990.



**Tabla 3.3 Emisiones de CO.**

| <b>EMISIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO</b> |             |             |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Toneladas                               |             |             |             |             |             |
| <b>Sector</b>                           | <b>1990</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1998</b> |
| Industrial                              | 377177      | 374808      | 434657      | 430661      | 482369      |
| Industrias energéticas                  | 8900        | 9245        | 8005        | 10045       | 12299       |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1990 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1.

Las emisiones de NOx alcanzaron un valor de 517.4 miles de toneladas únicamente en el sector de transporte, 34% más que en 1990. Debido al consumo de energía en el sector industrial aumentó el 16%, y en las industrias energéticas las emisiones aumentaron 3.8% en 1998 con respecto a 1990. (Ver tabla 3.4)

**Tabla 3.4 Emisiones de Nox.**

| <b>EMISIONES OXIDOS DE NITROGENO</b> |             |             |             |             |             |
|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Toneladas                            |             |             |             |             |             |
| <b>Sector</b>                        | <b>1990</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1998</b> |
| Industrial                           | 65597       | 71186       | 74607       | 75107       | 76093       |
| Industrias energéticas               | 63983       | 53819       | 48019       | 54403       | 66419       |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1990 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1.

En la tabla 3.5 se muestra que las emisiones de metano aumentaron 11.87% en 1998 respecto a 1990 debido al consumo de energía en el sector industrial y aumentaron 21.12% en comparación a 1990.

Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles distintos al metano (COVDM) aumentaron 20% durante este período debido al consumo de energía en el sector industrial y 36.63% en las industrias energéticas. Se muestran en la tabla 3.6.

**Tabla 3.5 Emisiones de Metano.**

| <b>EMISIONES DE METANO</b> |             |             |             |             |             |             |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Toneladas                  |             |             |             |             |             |             |
| <b>Sector</b>              | <b>1990</b> | <b>1992</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1998</b> |
| Industrial                 | 2559        | 2538        | 2557        | 2698        | 2731        | 2863        |
| Industrias energéticas     | 1013        | 1016        | 1073        | 880         | 1052        | 1227        |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1.

**Tabla 3.6 Emisiones de COVDM.**

| <b>EMISION DE COMPUESTOS ORGANICOS DIFERENTES DE METANO</b> |             |             |             |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Toneladas   |             |             |             |             |             |             |
| <b>Sector</b>   | <b>1990</b> | <b>1992</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1998</b> |
| Industrial  | 6557        | 6657        | 706         | 7538        | 7598        | 7871        |
| Industrias energéticas                                      | 2817        | 2884        | 2806        | 24528       | 3098        | 3849        |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1

El sector industrial aumentó sus emisiones de óxido nitroso  $N_2O$  25.7% durante ocho años, mientras que en las industrias energéticas sus emisiones disminuyeron durante el período 1990-1998, siendo 1990 el año en el que más emisiones hubo. (Ver tabla 3.7)

**Tabla 3.7 Emisiones de  $N_2O$ .**

| <b>EMISIONES DE OXIDO DE NITRÓGENO</b> |             |             |             |             |             |             |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Toneladas                              |             |             |             |             |             |             |
| <b>Sector</b>                          | <b>1990</b> | <b>1992</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1998</b> |
| Industrial                             | 524         | 541         | 536         | 591         | 604         | 659         |
| Industrias energéticas                 | 121         | 119         | 102         | 90          | 100         | 120         |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1.

Las emisiones de bióxido de azufre disminuyeron un 47.7% debido a la energía consumida en el sector industrial. Mientras que las industrias energéticas aumentaron 113.7% sus emisiones de SO<sub>2</sub> en 1998 (tabla 3.8).

**Tabla 3.8 Emisiones de SO<sub>2</sub>.**

| <b>EMISIONES DE BIÓXIDO DE AZUFRE</b> |             |             |             |             |             |             |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Toneladas                             |             |             |             |             |             |             |
| <b>Sector</b>                         | <b>1990</b> | <b>1992</b> | <b>1994</b> | <b>1995</b> | <b>1996</b> | <b>1998</b> |
| Industrial                            | 696144      | 283424      | 303400      | 308419      | 340414      | 364019      |
| Industrias energéticas                | 28203       | 71831       | 71805       | 63514       | 62093       | 60261       |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1.

De los datos anteriores se puede observar que año con año el sector industrial aporta más emisiones de gases de efecto invernadero que el sector energético. Esto quiere decir que las industrias nacionales consumen más energía para realizar sus procesos. Es importante mencionar que durante el período 1994–1995, hubo una reducción en las emisiones de GEI, debido a la crisis económica vivida a finales de 1994, pero en el período donde la economía se estabiliza 1995-1996 hay un aumento notorio en las emisiones, incluso más de las totales de 1994. Esto quiere decir que si la economía está estable, las actividades industriales aumentan y con ello aumentan sus emisiones.

### **3.3 La Industria en México y su contaminación.**

Los inicios de la industria en México se generan cuando los antiguos habitantes de Texcoco esperaban la temporada donde el lago llegaba a su nivel más bajo para recolectar sales minerales, conocidas como Tequezquite, que utilizaban como jabón. A la llegada de los españoles, la actividad textil, la explotación de metales en el país, principalmente el oro y la plata fueron las actividades industriales más importantes para la economía durante la época de la colonia; se impulsó el desarrollo de la industria minera y posteriormente la metalurgia en México.

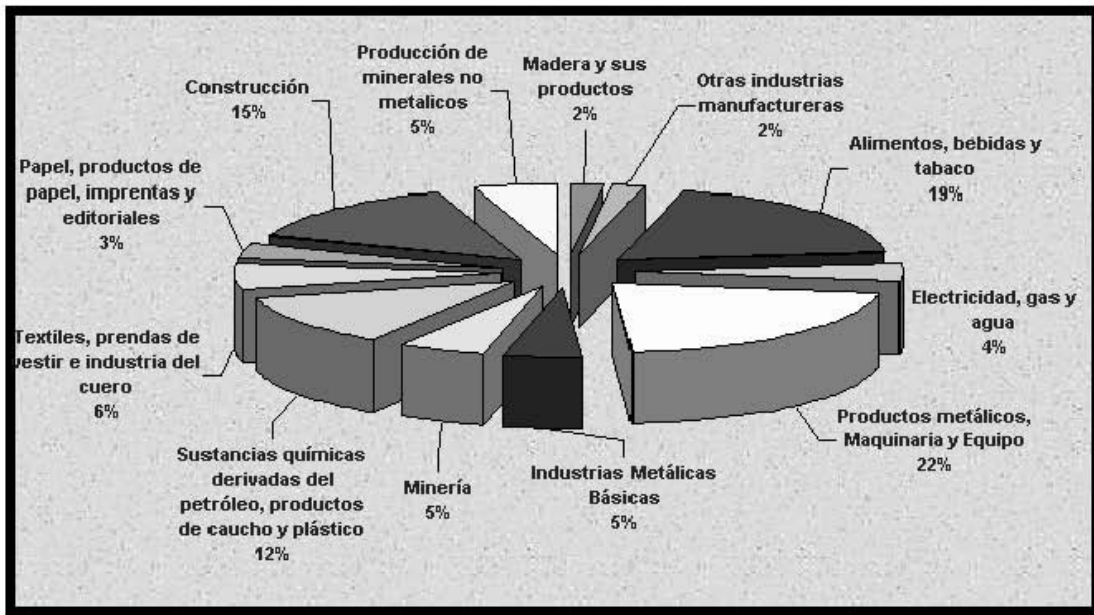
Después de la independencia, se retomaron los estudios químicos y el avance de la tecnología, surgiendo las primeras industrias de jabón, cemento, acabado de telas, cervecerías, fabricación del vidrio y cartón; avanzando el sector industrial con el primer alto horno de Fundidora de Hierro y fábrica de acero en Monterrey (Fig. 3.1).



**Figura 3.1** Industria Textil durante la colonia.

En México se desarrollaron más industrias de proceso y químicas durante la Segunda Guerra Mundial. A las primeras fábricas de cemento, hierro, cerveza, jabón y azúcar, se le unen las primeras refinerías petroleras en manos de capital extranjero, que más que refinar petróleo buscaban la extracción. Durante 1920 y 1940, proliferan las industrias de jabón, papel, resinas artificiales derivadas de la brea. Durante la década de los 30, se inicia con la destilación y refinación de glicerina, para producir ácidos grasos. Surgiendo así empresas como "Colgate-Palmolive", "La Corona", "La luz", "Química Michoacana", entre otras. Empieza a operar la compañía Beik-Felix-Stein, para producir grenetina y luego ácido sulfúrico, algunos pesticidas como el arseniato de cobre y sulfato de cobre. Durante los 40s se incorpora la primera producción de plásticos.<sup>4</sup>

El avance de las industrias mexicanas vino después de la expropiación petrolera, aunque la industria petroquímica vino después de 20 años. La industria en México representa el 26.7% del PIB y genera el 28.1% del empleo total en el país. (Figura 3.2).



**Figura 3.2** Aportación del Sector Industrial al PIB del país. Fuente: INEGI 1998.

El desarrollo industrial se efectuó para mejorar la calidad de vida de la población, sin embargo ha generado perturbaciones ambientales de todo tipo. De las industrias contaminantes se incluyen desde la industria química, los laboratorios químico-farmacéuticos hasta empresas que se encargan de los residuos industriales y residuos humanos. También actúan en menor escala, industrias metalmeccánica, de energía y algunas que por su ubicación dentro de zonas urbanas, es necesario tomar medidas en cuanto a la calidad de sus emisiones, ruidos, olores o su imagen externa de paisaje industrial.<sup>48</sup>

Dentro de las actividades industriales que generan la mayor concentración de contaminantes se encuentra el uso de servicios auxiliares en procesos tales como:

- Producción de vapor.
- Combustión.
- Tratamiento de aguas residuales.
- Refrigeración.
- Calefacción.

Las actividades industriales que de un modo u otro contaminan la atmósfera son muchas, y el análisis de los contaminantes emitidos por cada uno de los procesos industriales es extraordinariamente complejo. En la tabla 3.9 se hace una descripción de las principales industrias de nuestro país, así como de las emisiones causadas por sus procesos.

**Tabla 3.9 Industrias nacionales y su contaminación.**

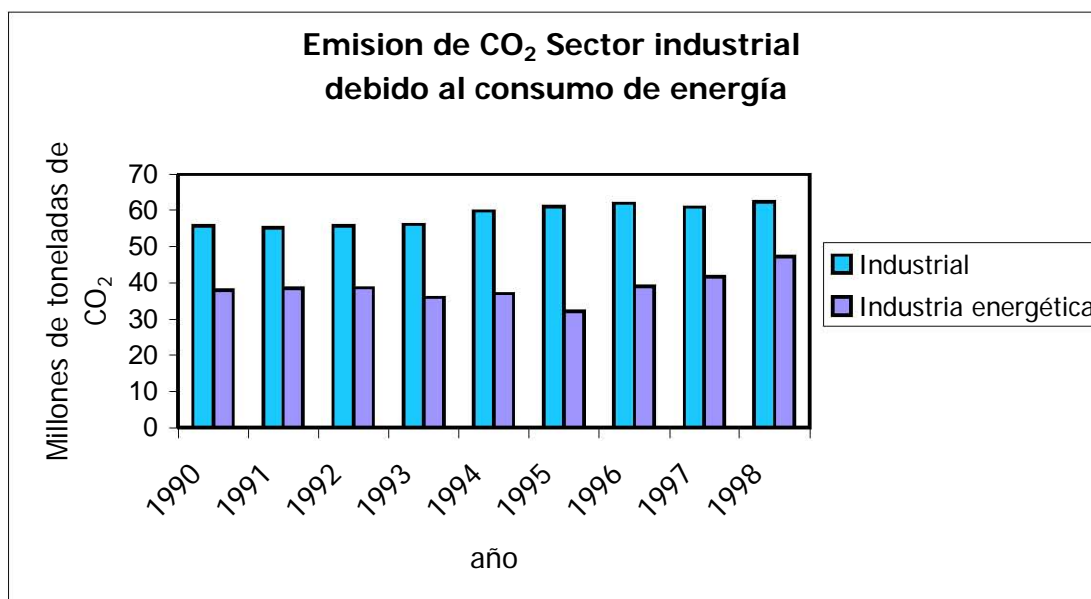
| <b>INDUSTRIA</b>                          | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>FUENTES DE EMISIÓN</b>                                       | <b>CONTAMINANTES</b>   | <b>EMISIONES DE GEI</b>   |
|---|---|---|--|---|
| <b>Siderurgia.</b>                        | Obtención del hierro y sus aleaciones.  | Calderas de combustión, hornos y convertidores.                 | SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, PbO y ZnO, óxidos de hierro. | CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , CVONM.  |
| <b>Fundición.</b>                         | Fundir metales a partir de su punto de fusión para darles forma.  | En las combustiones, en el proceso de colado.                   | Fenoles, acroleína, malos olores.  | SO <sub>2</sub> y CO.   |
| <b>Generación de vapor.</b>               | Generación de vapor por calderas.   | Hornos, en la soldaduras.                                       | Cianuros, óxidos de hierro, cadmio.  | CO, CH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , humos tóxicos con fluoruros.   |
| <b>Galvanoplastia.</b>                    | Producir equipos que conduzcan corriente eléctrica a partir de dos metales diferentes con un líquido interpuesto. | Se presentan en las diferentes etapas del proceso.              | Vapores ácidos, vapores alcalinos, derivados del cloro, vapores de hidrocarburos.  | Derivados del cloro, vapores de hidrocarburos.  |
| <b>Producción de metales no férricos.</b> | Producción de plomo, zinc y cobre.  | En los procesos de combustión, tratamiento mineral y la fusión. | Partículas sólidas, óxidos metálicos.  | SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, en la producción de aluminio hay emisiones de CO <sub>2</sub> , CF <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> . |
| <b>Textil.</b>                            | Procesado de materias primas para convertirlas en telas.  | La limpieza del algodón y de lana.                              | Cl <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S y O <sub>2</sub> , partículas, humos, partículas de carbono y olores.                   | SO <sub>2</sub> .   |

Tabla 3.9 cont.

| <b>INDUSTRIA</b>                  | <b>DESCRIPCIÓN</b>  | <b>FUENTES DE EMISIÓN</b>  | <b>CONTAMINANTES</b>  | <b>EMISIONES DE GEI</b>   |
|-----------------------------------|---|--|---|---|
| <b>Curtidora.</b>                 | Se encarga de curtir pieles.  | En aguas residuales  | Vertimiento de aguas residuales como cromo, sulfuros y material orgánico.   | No aplica.  |
| <b>Alimenticia.</b>               | Procesado de alimentos, como conservas, congelados y otros.   | Incineración de los subproductos.                                      | Olores, gases y humos partículas sólidas.   | COVNM.  |
| <b>Celulosa y papel.</b>          | Proceso de la madera.   | Contaminación por malos olores y emisiones en sus diferentes procesos. | Cenizas, H <sub>2</sub> S, mercaptanos, metil-mercaptanos, sulfuro de metilo, ácido sulfhídrico, CO, Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , CaCO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S y sales de sodio. | NO <sub>x</sub> , COVNM, CO, SO <sub>2</sub> .  |
| <b>Cemento.</b>                   | Se fabrica mediante piedra caliza y arcilla, con otros componentes secundarios como sulfatos alcalinos y alcalinotérreos. | Cantera, transporte, pulverización, hornos.                            | Partículas sólidas, CaO, SiO <sub>2</sub> , K <sub>2</sub> O, SO <sub>3</sub> , MgO, y Na <sub>2</sub> O.   | CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , COVNM, CO.  |
| <b>Petróleo.</b>                  | Destilación.  | Extracción, refinamiento, combustión.                                  | Mercaptanos, polvo y hollines.  | SO <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> hidrocarburos ligeros, volátiles o pesados incinerados. |
| <b>Fabricación de coque.</b>      | A partir de la calcinación del carbón fósil.  | Calcinación de carbono y combustiones.                                 | Partículas sólidas, polvo de carbón.  | Vapor, CO, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> .  |
| <b>Instalación de combustión.</b> | Quema de combustibles.  | Chimeneas.   | H <sub>2</sub> S NH <sub>3</sub> , HCN, HCl.  | SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> .   |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 2 y Bucay.

En esta tabla se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero. En la figura 3.3 se muestra el aumento de emisión de CO<sub>2</sub>, debido a la industria, en el período de 1990–1998.<sup>30</sup>



**Figura 3.3** Emisiones de CO<sub>2</sub> de 1990–1998. Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto invernadero 1994-1998. Parte 1, 2001.

Como se observa, las emisiones de CO<sub>2</sub> han aumentado 10.63% durante ocho años y por año el aumento de CO<sub>2</sub> es de 1.36% debido al consumo de energía en la industria; por consumo de energía por industrias energéticas, aumentó casi un 20% durante este período.

### 3.3.1 Industria Química Nacional.

La industria química está constituida por dos partes: la primera se dedica a la fabricación de "Productos Químicos y Materiales Relacionados". En ella se sintetizan sustancias químicas, se elaboran materias primas, las cuales resultan ser útiles para otras industrias o para la población en general.<sup>65</sup>



La segunda se encarga de realizar las síntesis de los productos químicos, llamada Industria Química Básica y la parte que con estos productos formula otros nuevos es la Industria Química de Materiales Relacionados.

En México, cada año en la Industria Química Básica se fabrican gases industriales, ácidos, álcalis, sales y sustancias orgánicas simples a gran escala.

Las Industrias de la Química Básica, en la fabricación de cualquier producto químico, realizan una o varias reacciones químicas. En ellas se llevan a cabo tres grandes etapas:

1. La preparación de las materias primas.
2. La realización de las reacciones químicas.
3. El acondicionamiento de los productos.

La Industria Química Básica se divide en dos segmentos: Inorgánica y Orgánica. La Química Inorgánica se ocupa de la síntesis de productos que no contienen carbono, mientras que el orgánico sintetiza los compuestos del carbono.

Los materiales requeridos para su transformación, son recursos naturales que se extraen del medio ambiente. La Química Orgánica obtiene sus materias primas del subsuelo (carbón mineral, petróleo y gas natural) y de la biósfera. En cambio, la química inorgánica, las obtiene del aire, del agua y del subsuelo (yacimientos minerales no-metálicos, metálicos, petróleo y gas natural).

México es un país donde se encuentran importantes yacimientos minerales y no minerales como: azufre, fluorita caliza y sílice, además de yacimientos petrolíferos en los estados de Campeche y Chiapas y en las aguas territoriales del Golfo de México, donde se extraen grandes cantidades de gas natural.

Un pequeño porcentaje del total de estos combustibles es utilizado por la Industria Química Básica como materia prima para la fabricación de diversos productos. Se obtienen en las plantas petroquímicas de PEMEX, la mayoría de ellos de tipo orgánico. También se obtienen productos inorgánicos: como el hidrógeno, el ácido clorhídrico.<sup>9</sup>

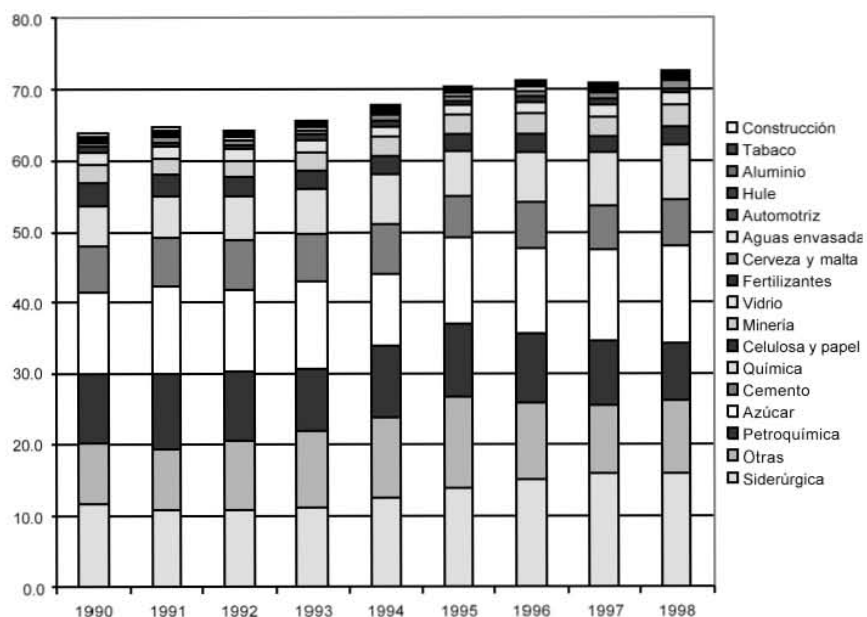
- **Contaminación de la Industria Química.**

La contaminación en la industria química puede provenir del producto final fabricado, o en el rendimiento insuficiente de los diferentes procesos de fabricación. Los contaminantes emitidos son básicamente gases y vapores; en menor grado partículas sólidas. También hay que distinguir entre los contaminantes emitidos:

- En la industria química mineral, fabricación de  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $H_3PO_4$ ,  $HCl$ ,  $F$ , entre otros; van desde el  $SO_2$  y  $NO_x$  hasta la producción de partículas halógenadas.
- Los productos derivados de la química orgánica, generados en los procesos de incineración y preparación. Se emiten halógenos, hidrocarburos, olores, y todo tipo de gases y vapores tóxicos.
- La contaminación por flúor originada en la industria de los fertilizantes, principalmente en la fabricación de los superfosfatos y dentro de ésta en el proceso de concentración del ácido fosfórico por inyección de aire.

### **3.4 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Industria en México.**

En los párrafos anteriores se mencionaron los principales contaminantes que produce cada proceso industrial, los contaminantes que afectan al medio ambiente se refieren principalmente a los gases de efecto invernadero. En la figura 3.4 se observan las emisiones de dióxido de carbono de acuerdo al tipo de industria, en millones de toneladas.<sup>30</sup>



**Figura 3.4** Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la energía consumida en cada uno de los sectores industriales Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 1.

La siderurgia, petroquímica, cemento, azúcar, química, celulosa, papel y otras son las de mayor cantidad de emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, de acuerdo a la energía que consumen en sus procesos. Las ramas industriales más dinámicas fueron la siderurgia, la química y el aluminio. Los sectores que presentaron decremento en las emisiones fueron petroquímica, celulosa, papel y fertilizantes.

En las tablas 3.10 y 3.11 se indican las emisiones de gases de efecto invernadero de 1994–1998 en los diferentes procesos industriales.<sup>30</sup>

Las emisiones totales en 1994 de CO<sub>2</sub>, fueron de 351,459.733 Miles de Toneladas, de las cuales el 12.4% fueron causadas por el sector industrial, correspondiendo 36.4% a la producción de minerales, como cemento, cal, carbonato de sodio, entre otros, el 8.5% corresponde a las emisiones de la industria química, causada principalmente por la producción de amoníaco, el 55.10% restante se debe a la producción de metales, entre ellos el aluminio.

**Tabla 3.10 Emisiones en Gg (1Gg=10<sup>9</sup>g) de GEI derivados de Procesos Industriales en México en el periodo 1996 – 1998.**

| Proceso                         | 1994            |                 |                  |                 | 1996            |                 |                  |                 | 1998            |                 |                  |                 |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                                 | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | CF <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | CF <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O | CF <sub>4</sub> |
| <b>Productos minerales</b>      |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                  |                 |
| Cemento                         | 15061           |                 |                  |                 | 14030           |                 |                  |                 | 15395           |                 |                  |                 |
| Cal                             | 690             |                 |                  |                 | 2523            |                 |                  |                 | 2829            |                 |                  |                 |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | 114             |                 |                  |                 | 105             |                 |                  |                 | Nd              |                 |                  |                 |
| <b>Total parcial</b>            | <b>15865</b>    |                 |                  |                 | <b>16658</b>    |                 |                  |                 | <b>18224</b>    |                 |                  |                 |
| <b>Industria química</b>        |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                  |                 |                 |                 |                  |                 |
| Amoniaco                        | 3702            |                 |                  |                 | 3750            |                 |                  |                 | 2721            |                 |                  |                 |
| Ácido nítrico                   |                 |                 | 2.24             |                 |                 |                 | 3.25             |                 |                 |                 | 2.29             |                 |
| Otros.                          |                 | 4.8             |                  |                 |                 | 4.6             |                  |                 |                 | 4.52            |                  |                 |
| <b>Total parcial</b>            | <b>3702</b>     |                 |                  |                 | <b>3750</b>     |                 |                  |                 | <b>2721</b>     |                 |                  |                 |
| Aluminio                        | 153             |                 |                  | 0.17            | 184             |                 |                  | 0.21            | 279             |                 |                  | 0.31            |
| Fierro y acero                  | 16416           |                 |                  |                 | 21075           |                 |                  |                 | 22691           |                 |                  |                 |
| A.Reductores                    | 7145            |                 |                  |                 | 7863            |                 |                  |                 | 7929            |                 |                  |                 |
| Hierro Aleaciones               | 302             |                 |                  |                 | 370             |                 |                  |                 | 428             |                 |                  |                 |
| <b>Total parcial</b>            | <b>24016</b>    |                 |                  |                 | <b>29492</b>    |                 |                  |                 | <b>31327</b>    |                 |                  |                 |
| <b>Total general</b>            | <b>43583</b>    | <b>4.8</b>      | <b>2.24</b>      | <b>0.17</b>     | <b>49900</b>    | <b>4.6</b>      | <b>3.25</b>      | <b>0.21</b>     | <b>52272</b>    | <b>4.52</b>     | <b>2.29</b>      | <b>0.31</b>     |

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 4

En 1996 el total nacional fue de 514,048.055 Miles de toneladas de CO<sub>2</sub>, de las cuales el 9.7% son causadas por el sector industrial, disminuyendo poco más del 20% en relación a las emisiones totales, pero con un aumento del 8.7% en comparación con las emisiones correspondientes a 1994; de las emisiones correspondientes al sector industrial, el 33.4% fue debido a la producción de minerales, el 7.5% corresponde a las emisiones de la industria química y el 59.1% a la producción de metales.

Además que en 1998 las emisiones totales de CO<sub>2</sub> fueron de 394,725.956 Miles de toneladas, de las cuales el 13.24% son debidas a los procesos industriales, el 34.8% son ocasionadas por la producción de minerales, el 5.2% a los procesos químicos y el 59.9% a la producción de metales.

De las emisiones de CH<sub>4</sub> debido a los procesos industriales, corresponden en 1994 a 0.074%, en 1996 casi a 0.06% y en 1998 a un 0.056%. Los porcentajes de emisiones de bióxido de nitrógeno N<sub>2</sub>O corresponden en 1994 al 5.1%, en 1996 al 7% y en 1998 a 4.8% debido a la producción de ácido nítrico.

Los porcentajes de emisiones de los demás gases de efecto invernadero, son muy bajos en comparación con las emisiones totales, cabe señalar que se deben principalmente a la industria química y en la producción de metales, principalmente el aluminio.

Los porcentajes de las emisiones totales de Compuestos Orgánicos Volátiles distintos del Metano (COVNM), son debidas en su mayoría a la producción del asfalto, bebidas y alimentos. En 1994, la emisión total fue de 1,335.747 Miles de toneladas, de las cuales el 38.2% se deben a los procesos industriales, en 1996 las emisiones totales fueron de 1,070.758 Miles de toneladas, el sector industrial contribuyó en un 32.7%, en 1998 corresponde a 34.45% y las emisiones totales fueron de 999.275 Miles de toneladas. Comparando los resultado de las emisiones

de estos gases con las emisiones totales registradas disminuyen cada año. Caso contrario a las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Aunque los porcentajes de emisión de SO<sub>2</sub> atribuidos a los procesos industriales son muy bajos, es necesario señalar que las emisiones de SO<sub>2</sub> se deben en su mayoría a la producción de cemento.

Las emisiones de gases de efecto invernadero y el porcentaje de cada uno de los sectores de nuestro país muestran que la mayor influencia a nivel global es del sector transporte, seguido del sector energético y el sector industrial. Indicando que las emisiones debido a la quema de combustibles fósiles, influyen en gran porcentaje para la emisión de gases de efecto invernadero.

### **Conclusión.**

Debido a que México firmó el Protocolo de Kyoto, tiene la obligación de cumplir lo establecido en él, por medio de la SEMARNAT, realizando un registro de las emisiones totales de las fuentes mencionadas anteriormente. Es importante tener un registro de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, con el propósito de crear medidas necesarias para disminuirlas y reduciendo la concentración de estos gases en la atmósfera.

Cumpliendo con el objetivo de tomar conciencia de la importancia de disminuir las concentraciones de gases de efecto invernadero, se incita a todos los sectores a evitar el aumento de éstas. Dentro de los sectores que más influencia tienen en emisiones de GEI están el sector del transporte, el sector energético y el sector industrial.

La industria química es la segunda responsable de la emisión de gases de efecto invernadero en el país, México está dentro de los 15 países de mayor emisión de

**Tabla 3.11 Emisiones de gases de precursores de ozono y aerosoles en procesos industriales de Mexico efecto invernadero de 1994 – 1998.**

(1 Gg = 10<sup>9</sup> g)

| Proceso   | 1994        |               |              |                 | 1996        |               |              |                 | 1998        |               |              |                 |
|---|-------------|---------------|--------------|-----------------|-------------|---------------|--------------|-----------------|-------------|---------------|--------------|-----------------|
|   | NOx         | COVNM         | CO           | SO <sub>2</sub> | NOx         | COVNM         | CO           | SO <sub>2</sub> | NOx         | COVNM         | CO           | SO <sub>2</sub> |
| <b>Productos minerales</b>  |             |               |              |                 |             |               |              |                 |             |               |              |                 |
| Cemento   |             |               |              | 9.48            |             |               |              | 8.45            |             |               |              | 9.27            |
| <b>Asfalto –Techos</b>  |             | 0.11          |              |                 |             | 0.16          |              |                 |             | 0.17          |              |                 |
| Pavimento   |             | 423           |              |                 |             | 245           |              |                 |             | 260.7         |              |                 |
| Otros   |             | 0.41          |              |                 |             | 0.43          |              |                 |             | 0.52          |              |                 |
| <b>Industria química</b>  |             |               |              |                 |             |               |              |                 |             |               |              |                 |
| Amoniaco  |             | 11.6          | 19.5         | 0.07            |             | 11.25         | 19.75        | 0.08            |             | 8.16          | 14.33        | 0.05            |
| Ácido nítrico   | 4.9         |               | 1.37         |                 | 7.1         |               |              |                 | 4.99        |               |              |                 |
| Otros.  | 0.05        | 4.6           | 0.39         | 0.42            | 0.04        | 5.09          | 1.08         | 0.33            | 0.049       | 4.03          | 1.2          | 0.37            |
| <b>Producción de metales</b>  |             |               |              |                 |             |               |              |                 |             |               |              |                 |
| Fierro – acero  | 0.27        | 0.07          | 0.39         | 0.11            | 0.32        | 0.08          | 0.47         | 0.13            | 0.34        | 0.09          | 0.51         | 0.14            |
| Aluminio  |             |               | 40.98        | 0.09            |             |               | 49.15        | 0.11            |             |               | 74.49        | 0.17            |
| Papel   | 0.69        | 1.7           | 2.57         | 3.22            | 0.49        | 1.2           | 1.82         | 0.11            |             |               | 74.49        | 0.17            |
| Bebidas   |             | 18.71         |              |                 |             | 28.15         |              |                 |             | 10.46         |              |                 |
| Comida  |             | 50.86         |              |                 |             | 59.03         |              |                 |             | 58.93         |              |                 |
| <b>Total</b>  | <b>5.91</b> | <b>511.06</b> | <b>64.81</b> | <b>13.39</b>    | <b>7.95</b> | <b>350.39</b> | <b>72.27</b> | <b>11.37</b>    | <b>5.83</b> | <b>344.28</b> | <b>92.38</b> | <b>12.31</b>    |
| Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de efecto invernadero 1994 – 1998, SEMARNAT, 2000. Parte 4. |             |               |              |                 |             |               |              |                 |             |               |              |                 |

gases de efecto invernadero, y es el que más emisiones produce en América Latina emitiendo más porcentaje de bióxido de carbono que de algún otro gas de efecto invernadero.

La principal fuente de la economía en el país es la explotación del petróleo; sin embargo esta explotación trae como consecuencia diferentes emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente CO<sub>2</sub> debido a sus actividades, influyendo directamente al calentamiento global. Una de las principales causas de contaminación de las industrias es el uso de servicios auxiliares con el uso de combustibles fósiles. En el siguiente capítulo se definirán los servicios auxiliares principales de cualquier proceso así como su grado de emisión de gases de efecto invernadero.



## **CAPITULO 4. LA RELACIÓN DE LOS PROCESOS Y SUS SERVICIOS AUXILIARES CON LA CONTAMINACIÓN.**

En los procesos industriales se emiten distintos tipos de gases, la mayoría de efecto invernadero. En este capítulo se definen los principales servicios auxiliares, así como su efecto en la emisión de estos últimos.

Un proceso se define como el conjunto de cambios en la composición y en las características físicas de los materiales, creando bienes, productos y servicios; industriales o comerciales. La ingeniería química diseña, dirige la construcción, opera los equipos y plantas, que a través de procesos físicos y/o químicos inducen cambios de agregación, de pureza o de identidad de la materia, a una escala industrial rentable. Para que cualquier proceso se lleve a cabo satisfactoriamente, es necesario contar con fuentes externas, conocidas como Servicios Auxiliares.

### **4.1 Servicios Auxiliares.**

Los servicios auxiliares son aquellos fluidos generados, o bien, dispositivos instalados dentro o fuera de los límites de la planta, aplicados a un proceso, para disponer de una operación de arranque, normal y de emergencia adecuadas. Estos servicios se clasifican en dos grupos:

- a) Primarios y
- b) Secundarios

**a) Primarios:** Son aquellos servicios vitales para la operación del proceso. Ya que con la ausencia de alguno de estos, el proceso no se llevaría a cabo. Los servicios primarios comprenden:

- Agua de enfriamiento.
- Combustible.
- Vapor de fuerza y de proceso.

- Gas inerte.
- Aceite de calentamiento.
- Aire de instrumentos.
- Energía eléctrica.
- Almacenamiento y movimiento de materias primas y productos.

**b) Secundarios:** Son aquellos que no son indispensables para la operación del proceso, sin embargo son de gran importancia dentro de la planta, debido a que se utilizan como sistemas de seguridad, contra la contaminación o para la subsistencia del personal. Entre algunos de los servicios secundarios se encuentran:

- Protección contra incendios.
- Sistemas de drenajes y de eliminación de desechos de la planta.
- Aire para la planta.
- Seguridad en la planta.

## **4.2 Descripción de los Servicios Auxiliares.**

### **4.2.1 Agua.**

Para disponer del agua como servicio, se necesita acondicionar de acuerdo a su uso como: agua de proceso, agua de alimentación a calderas, agua de enfriamiento, agua para usos sanitarios, agua contra incendios y/o agua potable. Estos sistemas de acondicionamiento, algunas veces ocupan entre un 20 a 25% del espacio total y pueden representar un porcentaje igual a la inversión de la planta de proceso.

**a) El agua de enfriamiento,** como su nombre lo indica se utiliza para disminuir la temperatura del producto, o bien de las materias primas del proceso. También puede ser utilizada como alimentación para otros servicios. La mayoría de las veces la fuente de suministro es el agua de la planta, que es posteriormente

enfriada para su utilización, por medio de una torre de enfriamiento. Una vez enfriada recorre los distintos intercambiadores de calor para enfriar el fluido del proceso, por último regresa a un tanque de almacenamiento, de donde va a ser bombeada a la torre, volviéndose un ciclo. (Ver figura 4.1).<sup>15</sup>

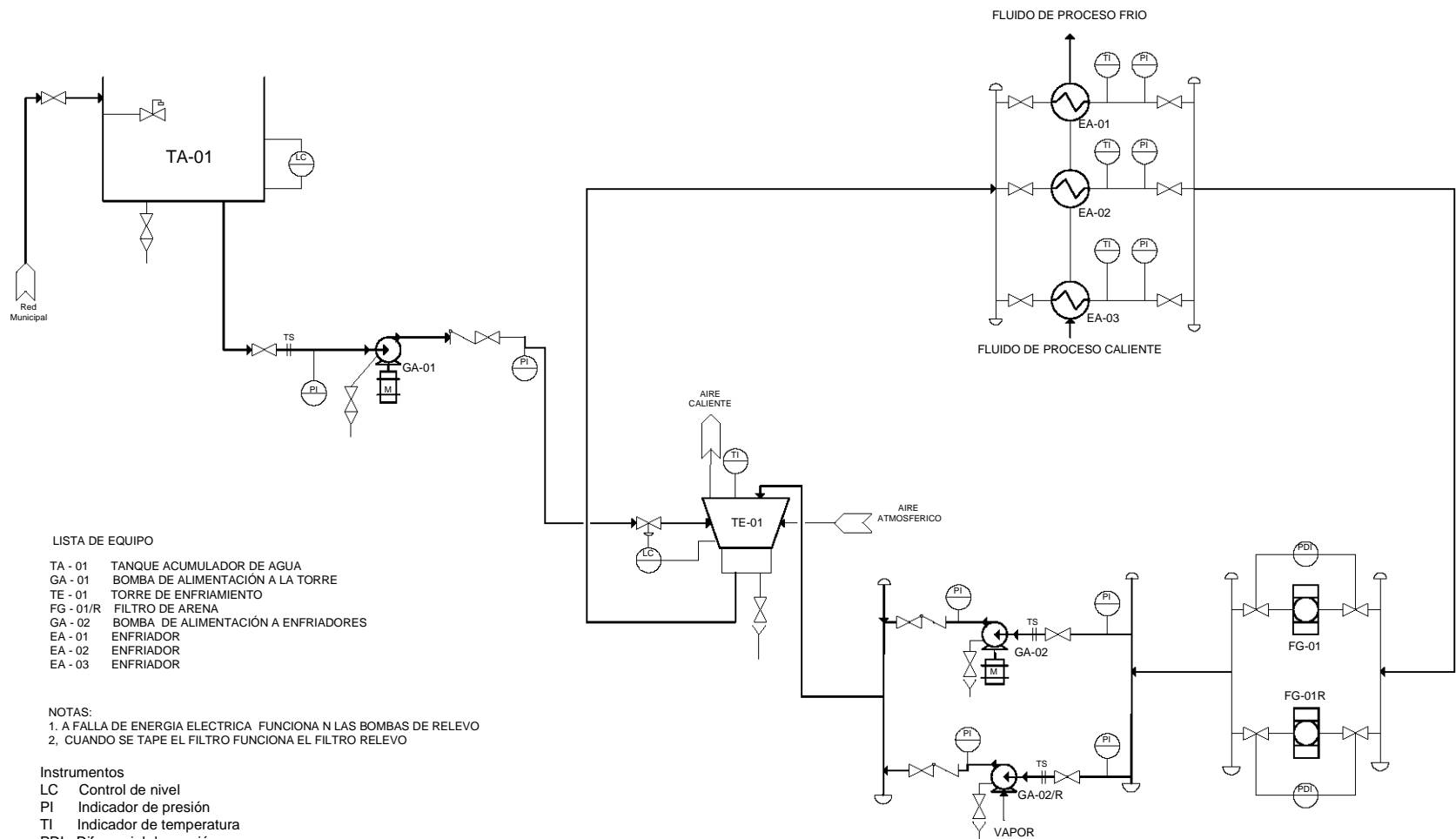
El agua de enfriamiento recibe un tratamiento, con el fin de evitar corrosión e incrustación en los enfriadores, condensadores y tuberías; el agua utilizada para enfriar debe retornarse y hacerla pasar a través de la torre de enfriamiento; ahorrando el costo del agua y de su tratamiento.

Durante el proceso del enfriamiento existe una pérdida de agua del 4% aproximadamente debido a la evaporación de agua en la torre. Generalmente, éstas se diseñan con una diferencia de 10°C ya que en los enfriadores sale entre 40°C y 43°C. El agua retorna a la torre a una temperatura de 40°C para ser enfriada a 30°C y almacenada en un estanque para su distribución a condensadores y enfriadores.

Se suministra agua de repuesto a la torre de enfriamiento con el fin de reponer las pérdidas por evaporación y disminuir la incrustación, ya que el agua de repuesto tiene un tratamiento previo, generalmente con cloro. A la salida de la torre se instala un filtro de arena para asegurar que el agua no lleve sólidos en suspensión. Se colocan dos bombas de circulación una con motor eléctrico y la segunda de vapor, con el fin de que ambas funcionen, a falta de energía eléctrica la bomba de vapor entra en repuesto de la primera.

Es necesario registrar los flujos de purga, del agua de repuesto y del agua de enfriamiento, ya que los flujos están íntimamente relacionados, pues el agua de repuesto depende de la cantidad de la purga y la circulación de agua de enfriamiento; otra variable que es importante registrar es la temperatura de entrada y salida de la torre de enfriamiento.





LISTA DE EQUIPO

- TA - 01 TANQUE ACUMULADOR DE AGUA
- GA - 01 BOMBA DE ALIMENTACIÓN A LA TORRE
- TE - 01 TORRE DE ENFRIAMIENTO
- FG - 01/R FILTRO DE ARENA
- GA - 02 BOMBA DE ALIMENTACIÓN A ENFRIADORES
- EA - 01 ENFRIADOR
- EA - 02 ENFRIADOR
- EA - 03 ENFRIADOR

NOTAS:

1. A FALLA DE ENERGIA ELECTRICA FUNCIONAN LAS BOMBAS DE RELEVO
2. CUANDO SE TAPE EL FILTRO FUNCIONA EL FILTRO RELEVO

Instrumentos

- LC Control de nivel
- PI Indicador de presión
- TI Indicador de temperatura
- PDI Diferencial de presión

|  |  |  |
|--|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO<br>FES - C | RESPONSABLES<br>GEORGINA PAREDES MONTIEL<br>MARIBEL PARRA GONZALEZ | DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS<br>AGUA DE ENFRIAMIENTO GENERAL<br>FIGURA 4.1 |
|--|--|--|

**b) Agua contra incendio:** El principal propósito de un sistema contra incendio es identificar rápidamente la situación de riesgo, advertir a todo el personal en la instalación y controlar el problema antes de que éste se intensifique.

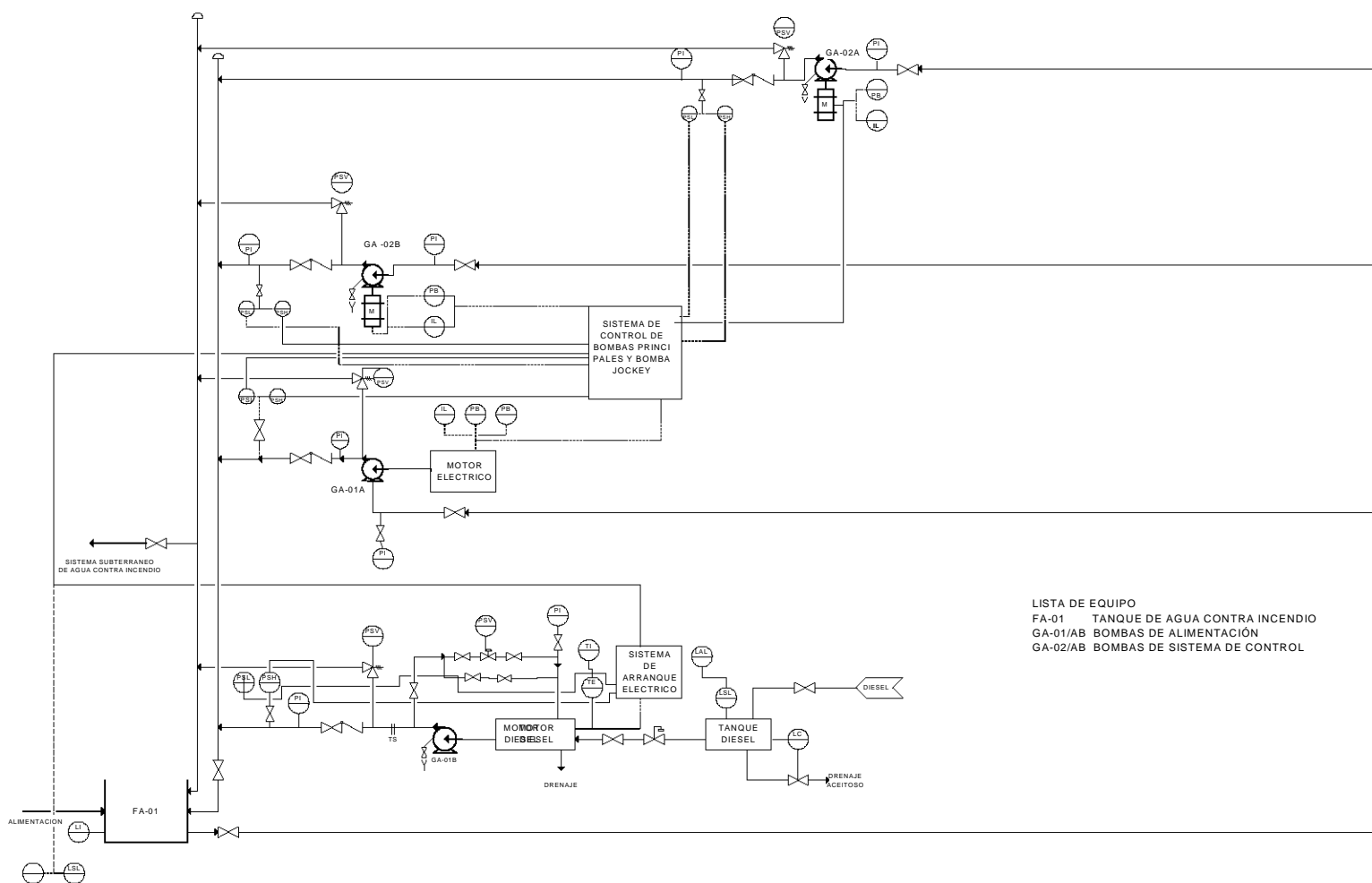
En cualquier proceso se deben de disponer de dos bombas de agua contra incendio, una accionada por motor eléctrico y otra con motor de combustión interna. La red contra incendio se diseña para proporcionar un sistema de distribución común para todos los niveles. La tubería principal deberá formar anillos, conectándose los ramales para los hidrantes, monitores y rociadores. El agua contra incendio nunca debe ser descargada a una presión menor de 7 kg/cm<sup>2</sup> (Ver figura 4.2).<sup>28</sup>

**c) Agua potable.** Es la de mayor demanda para el uso del personal de una planta. La distribución del agua potable se hace a través de un tanque elevado o presurizado. El tanque deberá proporcionar suficiente carga estática. En el caso en el que el tanque se localice en el nivel inferior, se utiliza una bomba para su distribución (Ver figura 4.3).

**d) Agua de calentamiento.** Se utiliza para eliminar grandes espacios del equipo de calentamiento. Las formas comunes de agua de calentamiento se llevan a cabo por medio de los gases de salida de la turbina generadora, de los calentadores de fuego directo o del vapor cuando se dispone.

**e) Agua de inyección.** Es una forma común de recuperación secundaria. El agua se inyecta al pozo, para mantener la presión del mismo. El agua deberá estar limpia, filtrada y deareada, para estar libre de impurezas. La operación de inyección será continua. Este tratamiento se lleva a cabo en la misma planta, o los residuos son enviados a una planta de tratamiento de aguas.

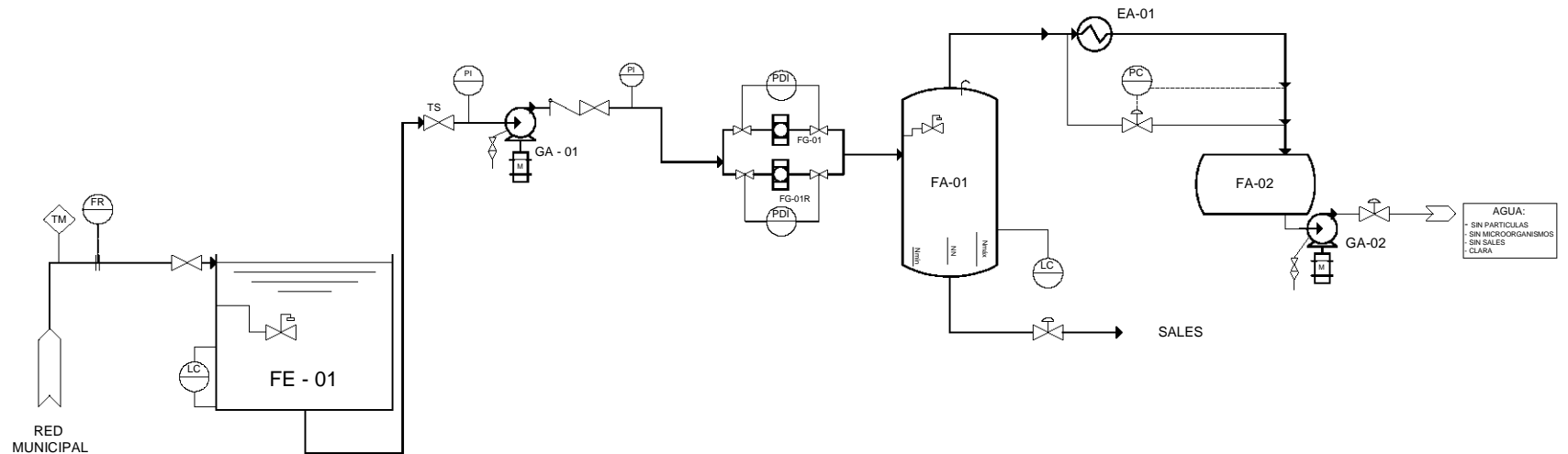




LISTA DE EQUIPO  
 FA-01 TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO  
 GA-01/AB BOMBAS DE ALIMENTACIÓN  
 GA-02/AB BOMBAS DE SISTEMA DE CONTROL

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</p> <p>FESC</p> | <p>RESPONSABLES</p> <p>GEORGINA PAREDES MONTIEL</p> <p>MARIBEL PARRA GONZALEZ</p> | <p>DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS</p> <p>AGUA CONTRA INCENDIO</p> <p>FIGURA 4.2</p> |
|--|---|---|





LISTA DE EQUIPO

- FE - 01 TANQUE ACUMULADOR DE AGUA
- GA - 01 BOMBA DE ALIMENTACIÓN AL TANQUE
- FG - 01/R FILTRO DE ARENA
- FA - 01 TANQUE SEPARADOR DE SALES
- FA - 02 TANQUE DE AGUA POTABLE
- EA - 01 ENFRIADOR DE AGUA POTABLE
- GA - 02 BOMBA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

Instrumentos

- FR Registro de flujo
- TM Medición de temperatura
- LC Control de nivel
- PI Indicador de presión
- PDI Diferencial de presión

NOTAS

1. CUANDO SE TAPE EL FILTRO FUNCIONA EL FILTRO RELEVO

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</p> <p>FES - C</p> | <p>RESPONSABLES</p> <p>GEORGINA PAREDES MONTIEL</p> <p>MARIBEL PARRA GONZALEZ</p> | <p>DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS</p> <p>AGUA POTABLE</p> <p>FIGURA 4.3</p> |
|---|---|---|

La mayoría de los procesos industriales utilizan agua como materia prima básica, la cual se contamina durante el proceso productivo. Esto hace necesario su tratamiento a fin de minimizar el impacto ambiental de los residuos y su disposición en cuerpos de agua, cursos naturales, mantos freáticos.

#### **4.2.2 Aire.**

Actualmente ya no es concebible una industria sin aire comprimido, su aplicación se ha extendido enormemente para el uso de señales neumáticas, operación de instrumentos y mantenimiento de la planta.

Los sistemas de transmisión de señal son parte esencial de las plantas de proceso, conducen las señales a un centro de control local o remoto, incrementando de esta manera la facilidad y confiabilidad de la operación, así como la seguridad del personal de la planta. Este tipo de transmisión se obtiene por tres tipos: eléctrica, hidráulica o neumática.<sup>15</sup>

El aire es un gas incoloro, inodoro e insípido, es una mezcla de gases compuesta principalmente de Nitrógeno y Oxígeno. La fuente de suministro de aire es la atmósfera, este aire contiene cierta humedad; siendo de mayor o menor proporción según la localidad, condiciones climatológicas y estaciones del año.

En un proceso el aire se utiliza para los servicios de:

- a) Aire de Instrumentos y
- b) Aire de planta.

**a)** El sistema de generación **de aire de instrumentos** y planta está formado por dos compresores de aire, uno operando normalmente y otro de repuesto, un enfriador de aire, un recipiente de aire de servicio, un prefiltro coalescedor, dos

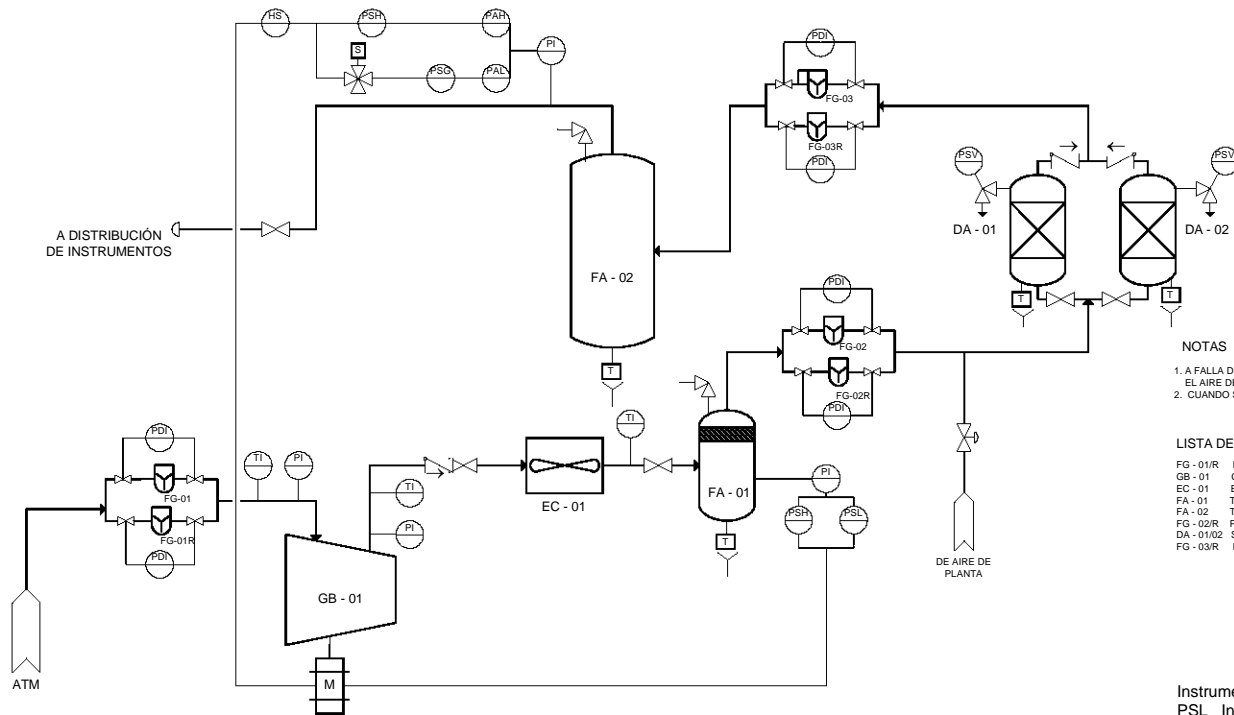
secadores de aire, dos postfiltros y un recipiente acumulador de aire de instrumentos.

El aire para servicios, generalmente debe suministrarse a una presión aproximada de 100 psig y el equipo adicional que necesita el compresor, como: un prefiltro del aire a la entrada del compresor, un postenfriador con el fin de poder separar el aceite y agua que arrastra el aire, un tanque receptor para la distribución del aire a través de la planta.

El aire atmosférico, húmedo y sucio, pasa a través del filtro de aire, donde se eliminan cierta cantidad de sólidos, posteriormente se envía al compresor de aire; ya comprimido pasa al enfriador de aire, con el objetivo de disminuir la temperatura debido al efecto de compresión, finalmente se envía al recipiente para aire de servicio, eliminando el agua condensada de la corriente de aire; el aire sale por la parte superior del tanque, pasando a través del prefiltro coalescedor, atrapando los sólidos no eliminados al inicio del proceso. El aire comprimido y prefiltrado se divide en dos corrientes, primero se envía al cabezal de distribución de aire de planta y otra para generar aire de instrumentos, pasando a través de los secadores de aire de instrumentos. El aire seco sale a control de humedad, después se envía a los postfiltros, mandando directamente al tanque de aire de instrumentos, finalmente es enviado al cabezal principal para su distribución (Ver figura 4.4).<sup>15</sup>

**b) El aire de planta** se utiliza para medir o controlar una variable de proceso. Debe ser limpio y seco, la presencia de agua, aceite o sólidos en el sistema pueden producir un mal funcionamiento del instrumento, ocasionando un control o lectura de la variable errónea.

El aire de planta se utiliza para los servicios de presurización del sistema de agua contra incendio, en los sistemas de tratamiento de efluentes, para la limpieza



- NOTAS**
1. A FALLA DE ENERGIA ELECTRICA SE ABRE LA VALVULA Y ENTRA EL AIRE DE PLANTA PARA TRATAMIENTO
  2. CUANDO SE TAPE EL FILTRO FUNCIONA EL FILTRO RELEVIO
- LISTA DE EQUIPO**
- FG - 01/R FILTRO DE ENTRADA
  - GB - 01 COMPRESOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS
  - EC - 01 ENFRIADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS
  - FA - 01 TANQUE DE SEPARACION
  - FA - 02 TANQUE ACUMULADOR DE AIRE DE INSTRUMENTOS
  - FG - 02/R PREFILTRO COALECEDOR
  - DA - 01/02 SECADORES DE AIRE DE INSTRUMENTOS
  - FG - 03/R POSTFILTROS

- Instrumentos**
- PSL Interruptor de baja presión
  - PSH Interruptor de alta presión
  - PSV Válvula de seguridad
  - PI Indicador de presión
  - PDI Diferencial de presión

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</p> <p>FES - C</p> | <p>RESPONSABLES</p> <p>GEORGINA PAREDES MONTIEL</p> <p>MARIBEL PARRA GONZALEZ</p> | <p>DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS</p> <p>AIRE DE INSTRUMENTOS</p> <p>FIGURA 4.4</p> |
|---|---|---|

del equipo o como servicio de ventilación. Estos servicios utilizan aire húmedo. El sistema de generación de aire de planta se explica en el figura 4.5.

#### **4.2.3 Combustible.**

En las plantas de proceso, los combustibles se aplicarán para calentadores, reactores, generadores de vapor, turbinas de gas y máquinas de combustión interna.<sup>28</sup> En el lenguaje comercial, es todo material que pueda combinarse con el oxígeno del aire y producir calor en tal cantidad que su uso sea costeable. El calor debe producirse con gran rapidez.

Los combustibles, según su estado, se dividen en sólidos, líquidos y gaseosos. Según el modo de obtenerlos, se dividen en: naturales y artificiales. Los combustibles naturales se obtienen de la naturaleza como se usan: carbón y leña. Los combustibles artificiales se obtienen mediante transformaciones antes de emplearse como: coque y gasolina.

**Tabla 4.1 Clasificación de los combustibles según su estado de agregación.**

| <b>Sólidos</b>        | <b>Líquidos</b> | <b>Gases</b> |
|-----------------------|-----------------|--------------|
| Carbón                | Petróleo        | Gas natural  |
| Hulla                 | Diesel          |              |
| Esquistos Bituminosos | Gasolina        |              |

#### **a) Sólidos:**

##### **a.1) Carbón.**

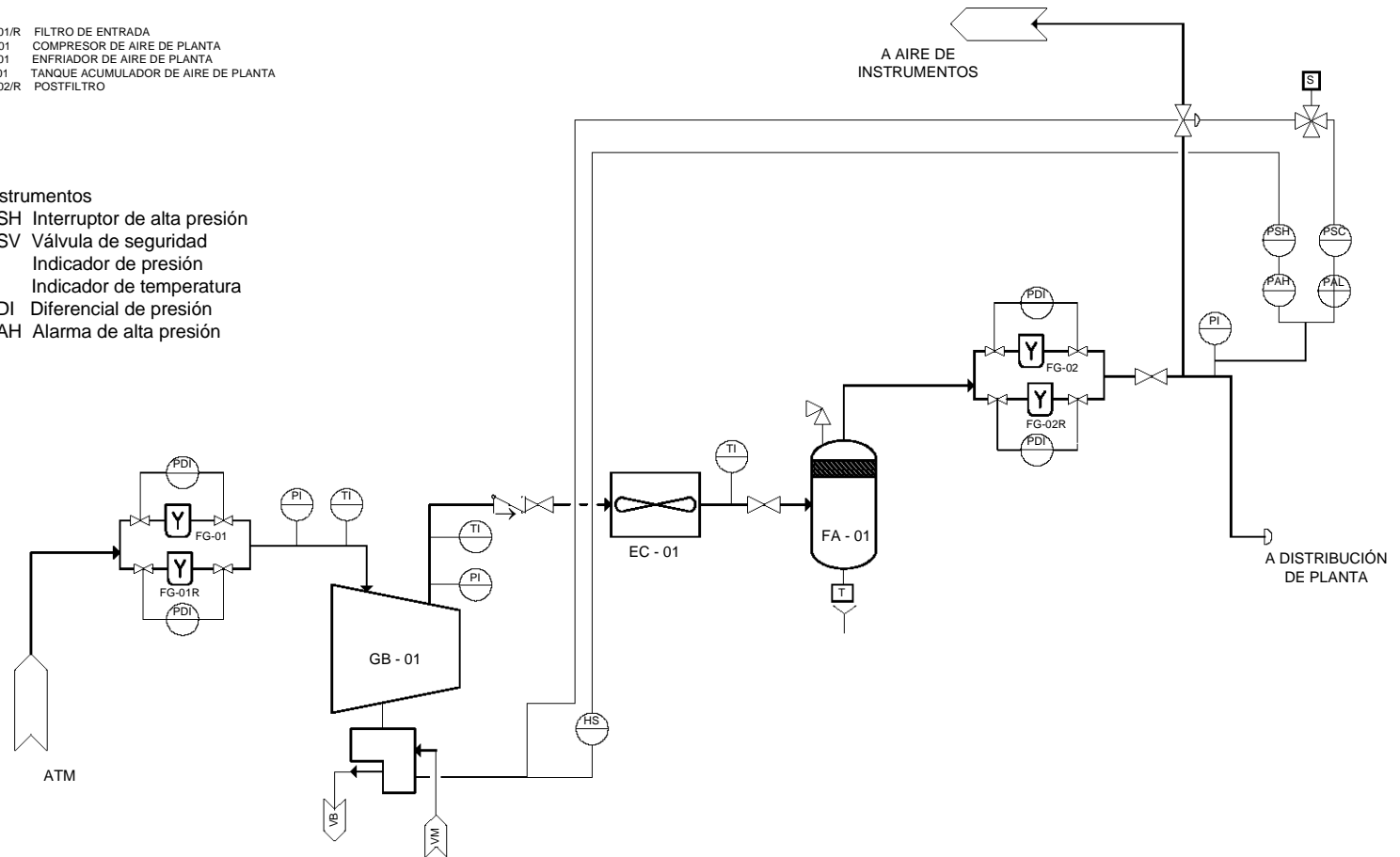
El carbón es la fuente más importante de energía hasta ahora utilizada por el hombre. El carbón es una roca sedimentaria de color oscuro, no metálico, de origen fósil. Se producen a partir de restos de materia viva sometidos a largos procesos de descomposición a elevadas presiones y temperaturas durante millones de años.

LISTA DE EQUIPO

- FG - 01/R FILTRO DE ENTRADA
- GB - 01 COMPRESOR DE AIRE DE PLANTA
- EC - 01 ENFRIADOR DE AIRE DE PLANTA
- FA - 01 TANQUE ACUMULADOR DE AIRE DE PLANTA
- FG - 02/R POSTFILTRO

Instrumentos

- PSH Interruptor de alta presión
- PSV Válvula de seguridad
- PI Indicador de presión
- TI Indicador de temperatura
- PDI Diferencial de presión
- PAH Alarma de alta presión



|  |  |  |
|--|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO<br>FES - C | RESPONSABLES<br>GEORGINA PAREDES MONTIEL<br>MARIBEL PARRA GONZALEZ | DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS<br>AIRE DE PLANTA<br>FIGURA 4.5 |
|--|--|--|

Como materia prima, el carbón participa en el refinado de metales, en la producción de acero y en la industria química. Se utiliza en:

La producción de energía en forma:

- Directa: Por combustión directa en centrales térmicas para producir energía eléctrica.
- Indirecta: Como gasificación produciendo gas natural de origen sintético y licuefacción para elaborar gasolina sintética.
- Reducción de minerales de hierro oxidado en la siderurgia y las cementeras cuando el carbón se encuentra en forma de coque.
- Producción de petróleo sintético y cuero.
- En calefacción doméstica.

Los usos principales del carbón en México se pueden dividir en dos tipos: térmico y metalúrgico. El primero se utiliza principalmente como energético primario, mientras que el segundo es utilizado en la fabricación de coque, destinado a la industria siderometalúrgica.

### **a.2) Hulla y coque.**

La hulla y el coque fueron los combustibles estándares en las primeras industrias, pero a medida que el aceite combustible y el gas natural tuvieron precios más baratos, construyéndose oleoductos y gasoductos, el uso de este combustible ha decrecido. El empleo de hulla continúa siendo ventajoso en plantas ubicadas cerca de grandes depósitos.

En las plantas de proceso de combustibles se usan en calentadores, reactores y evaporadores calentados a fuego directo, hornos, generadores de vapor, turbinas de gas y máquinas de combustión interna.

### **a.3) Esquistos bituminosos.**

Son rocas sedimentarias que contienen queroseno y proporcionan como mínimo 38 litros de petróleo crudo por tonelada al calentarse entre 450°C y 600°C.

## **b) Líquidos.**

### **b.1) Petróleo.**

El petróleo es un combustible fósil formado por la mezcla líquida de sustancias orgánicas, la mayor parte de ellas hidrocarburos (parafínicos, nafténicos y aromáticos). Contiene pequeñas cantidades de compuestos de azufre, nitrógeno, oxígeno y algunos metales. Se denomina petróleo crudo al que únicamente se le ha quitado el gas natural y el agua, es decir, a la mezcla de hidrocarburos líquidos que se extrae de los yacimientos.

El petróleo crudo es de color oscuro, olor fuerte y penetrante, inflamable y viscoso. Sus componentes varían de 82% a 87% de carbón, de 12% a 15% de hidrógeno, de 0.1% a 5.0% de azufre en peso y pequeñas cantidades de impurezas.

En México se encuentra una reserva aproximada de 72 mil 500 millones de barriles. Es el quinto país con mayores reservas de crudo y el octavo en el caso del gas natural. En 1985, los hidrocarburos representaron el 90.4% de la producción total de energía, además, es la principal fuente de exportación.

### **b.2) Gasolina.**

Es un combustible obtenido a partir del petróleo y empleado exclusivamente en máquinas de combustión interna. Se constituye de una mezcla de varios compuestos, hidrocarburos alifáticos y aromáticos que contienen algunos aditivos.

En México se usa principalmente en los vehículos automotores bajo los nombres de Nova, Magna, Magna Sin y Premium, para aviones de hélice y gas



avión. La gasolina produce principalmente: monóxido de carbono (por combustión incompleta), plomo (si lo contiene), hidrocarburos parcialmente oxidados (olefinas) y otros que no fueron oxidados. Estos últimos se combinan con el oxígeno o con los óxidos de nitrógeno.

### **b.3) Diesel.**

Los destilados medios provienen del petróleo, se dividen en tres grupos de acuerdo a su uso:

- Combustible diesel (normal y especial),
- Turbocombustible (turbosina usada para aviones de reacción) y
- Combustible para calefacción o iluminación (tractomex, diáfano y petróleo incoloro).

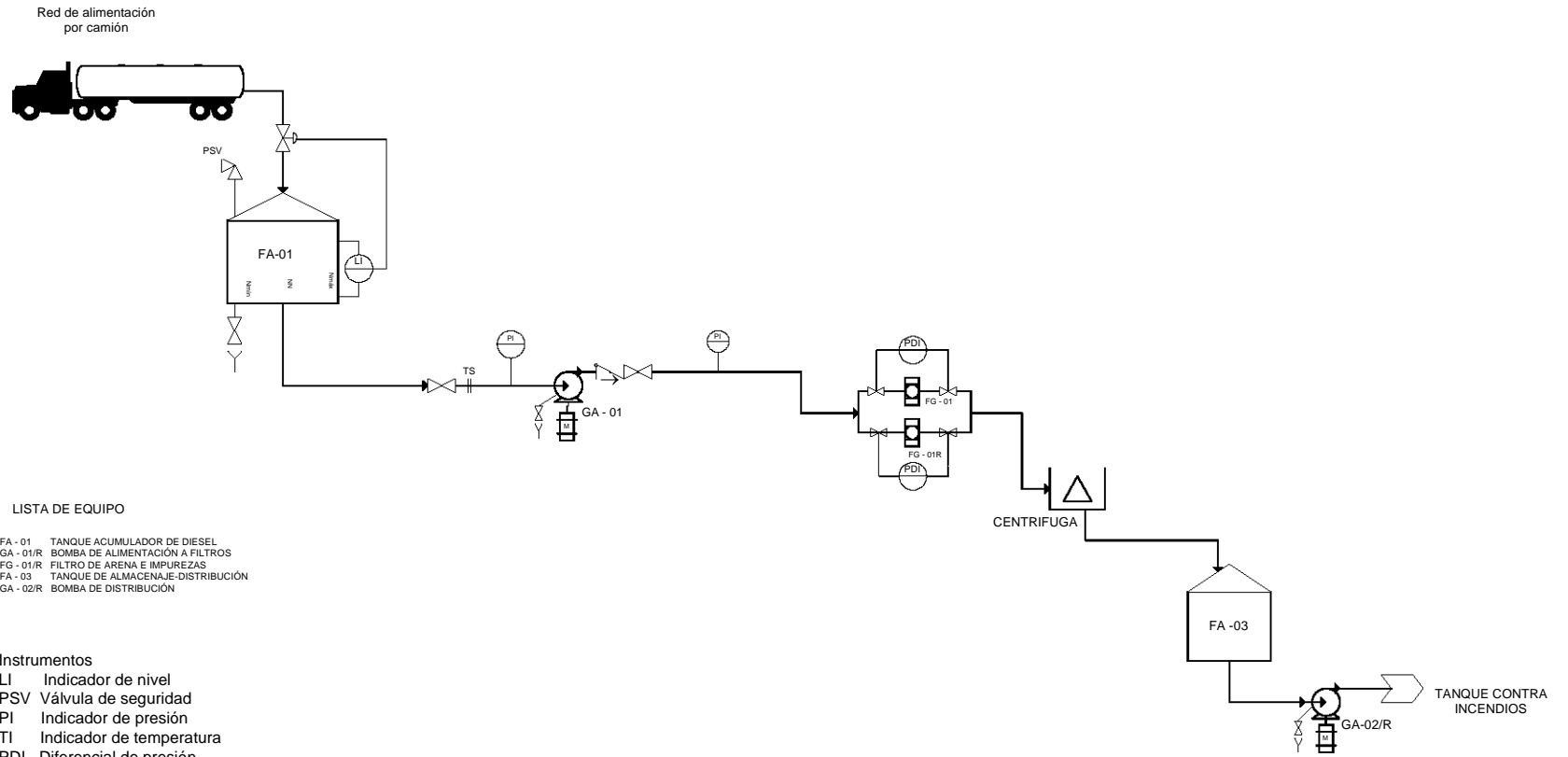
Las propiedades más importantes del diesel son la viscosidad, volatilidad y calidad de ignición. Según el tipo de diesel, se usa para autobuses, camiones, locomotoras y generación eléctrica con turbinas de gas y máquinas diesel (Ver figura 4.6).

### **c) Gases.**

#### **c.1) Gas natural.**

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos compuesta principalmente por metano. Se encuentra en las cavidades rocosas de las formaciones geológicas que al estar unidas pueden acumular gas. El metano tiene una gravedad específica en relación con el aire mucho menor, la cual es de 0.60, por lo cual se difunde rápidamente en la atmósfera.

El gas natural es el combustible ideal para las plantas de proceso. No requiere más servicios de manejo o almacenamiento que tuberías y controles de presión. Las flamas de gas son limpias y se propagan con rapidez, produciendo un quemado satisfactorio con flujos bajos de combustible.



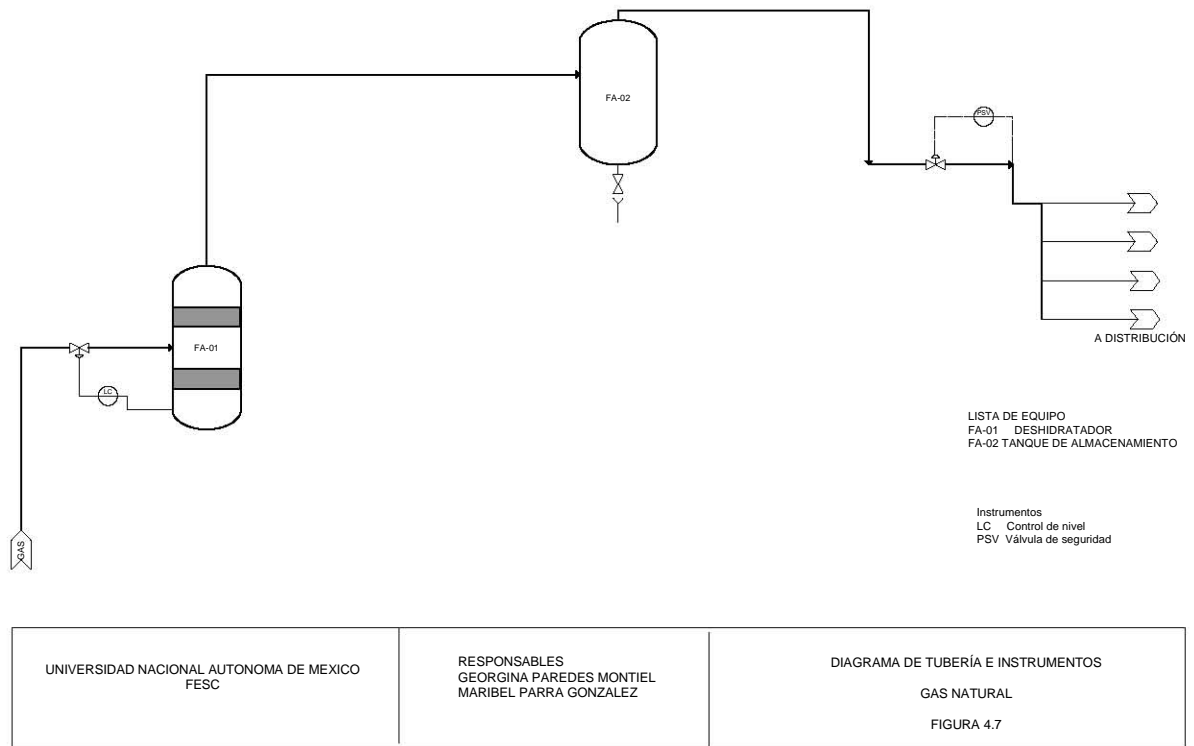
LISTA DE EQUIPO

- FA - 01 TANQUE ACUMULADOR DE DIESEL
- GA - 01/R BOMBA DE ALIMENTACIÓN A FILTROS
- FG - 01/R FILTRO DE ARENA E IMPUREZAS
- FA - 03 TANQUE DE ALMACENAJE-DISTRIBUCIÓN
- GA - 02/R BOMBA DE DISTRIBUCIÓN

Instrumentos

- LI Indicador de nivel
- PSV Válvula de seguridad
- PI Indicador de presión
- TI Indicador de temperatura
- PDI Diferencial de presión

|   |  |  |
|---|--|--|
| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO<br><br>FESC | RESPONSABLES<br>GEORGINA PAREDES MONTIEL<br>MARIBEL PARRA GONZALEZ | DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTOS<br><br>COMBUSTIBLE DIESEL<br><br>FIGURA 4.6 |
|---|--|--|



Las refinerías de petróleo y las plantas petroquímicas disponen de grandes cantidades para usarse como combustible. El etano e hidrocarburos más pesados son separados del gas natural crudo o de los gases desprendidos en operaciones de descomposición térmica. El gas, además de usarse como combustible primario, se emplea para iniciar la combustión en hornos industriales quemando otros tipos de combustibles. Las espreas de combustibles líquidos se encienden con pilotos que queman el gas y las cámaras de combustión para carbón pulverizado se calientan hasta la temperatura de ignición por medio de quemadores de gas (Ver figura 4.7).

Los factores de crecimiento de la demanda serán, principalmente:

- La ampliación del consumo de combustibles industriales. Con la entrada en vigor, en 1998, de la normatividad ambiental se obligó a sustituir buena parte del combustoleo empleado en la generación de energía eléctrica y a cumplir con límites más estrictos de emisiones.

- Las modificaciones del marco regulatorio en cuanto a almacenamiento y distribución.
- Los avances tecnológicos en la generación de energía eléctrica con una participación de unidades de ciclo combinado que utiliza gas.
- La penetración del gas en los mercados residencial y comercial a través de redes urbanas de distribución.

El uso industrial del gas natural en producción de vapor, sustituyendo o complementando las instalaciones mixtas, la acción de combustibles sólidos y líquidos. El gas es un combustible adecuado para el suministro por tuberías por lo que no requiere almacenamiento *in situ* constituyendo una gran ventaja.

#### **4.2.4 Energía eléctrica.**

La electricidad es la fuente primaria de potencia en las plantas de proceso. Se usa para accionar bombas, compresores y otros equipos mecánicos; para procesos electrolíticos, calentamiento, accionamiento de instrumentos, alumbrado y generación de vapor.

La energía eléctrica puede ser comprada de una compañía o generada en la planta por turbinas accionadas con vapor o generadores accionados con motores de combustión interna.

En la mayoría de los casos, el vapor de proceso es generado en la propia planta. Si estos requerimientos de vapor de proceso son altos, se debe generar energía eléctrica utilizando turbinas de alta presión. El vapor de escape que se elimina en los diversos pasos de las turbinas se utiliza como vapor de proceso.

El vapor no es únicamente una fuente de energía directa para la operación de bombas y turbinas, sino también es el medio más útil de calentamiento en una

planta de proceso. Aunque algunas plantas pueden comprar energía eléctrica, la mayoría de las plantas de proceso generalmente producen vapor.

#### **4.2.5 Vapor de agua y su generación.**

El vapor de agua es el fluido más utilizado para el transporte de calor, se puede definir como un fluido que puede condensarse, al cambiar su presión y/o temperatura. Debido a los puntos de ebullición elevados y bajas presiones se reducen riesgos, haciendo posible obtener una alta eficiencia en el ciclo termodinámico de todas las plantas de proceso. En la clasificación general de los servicios auxiliares de una planta, el vapor se considera como un servicio primario, puesto que su generación y su uso es vital para la operación eficiente de la planta.

Según la historia indica que hacia el año 150 a.c., ya existía la generación de vapor como fuente de energía. En esa época se habla de la fuerza expansiva del vapor del agua. Pero no es hasta el siglo XVII, en la Revolución Industrial, que se usa el vapor como fuerza motriz, el desarrollo del generador de vapor de gran potencia.

El vapor está destinado a procesos industriales y plantas de calefacción central. En la actualidad, la producción y distribución de vapor se ha convertido en una actividad complicada. El uso del vapor generado requiere que se cuente con un sistema de transporte a través de cabezales, capaces de conducir el vapor desde el punto donde se genera hasta los equipos que van a utilizarlo como medio de calentamiento, de propulsión o fluido de proceso.

Para utilizar la energía almacenada como energía química en los combustibles, ésta se convierte en energía eléctrica, mecánica y térmica. El vapor es el fluido más utilizado para transporte de calor, debido a su naturaleza no tóxica, es estable, de bajo costo y tiene una gran capacidad calorífica.

En las plantas de proceso, se puede considerar que la mayoría de las operaciones básicas como: destilación, reformación, refinación y catálisis, se llevan a cabo a temperaturas y presiones que se pueden obtener fácilmente con el uso del vapor, ya sea aprovechando una expansión de éste que produzca el trabajo necesario para el funcionamiento de turbinas, aprovechando su calor latente en algunos equipos de transferencia de calor.

Puede clasificarse de acuerdo a su empleo en:

- **Vapor de generación** o de alta presión. Principalmente se utiliza para producir energía mecánica o eléctrica al accionar un motor o una turbina de vapor. Se encuentra sobrecalentado de 420 psig a 620 psig., algunas veces a presiones superiores. El vapor de alta presión, pocas veces se utiliza para el proceso. Bajo estas condiciones se obtiene directamente del generador de vapor.

- **Vapor de proceso** o de media presión. Este tipo de vapor es el que se obtiene de la salida lateral de los turbocalentadores. Es sobrecalentado y se tiene de 150 a 275 psig. Se utiliza en la industria textil, productos químicos, azucareros o de papel. El vapor es requerido como fuente de energía para elevar la temperatura del proceso de fabricación de algún producto.

Para poder definir la utilización más adecuada del vapor, es necesario valorar aspectos como:

a) El vapor es requerido únicamente para el proceso y la fuente de energía utilizada es comprada.

b) El vapor requerido deberá cumplir con las dos funciones.

- **Vapor de calentamiento** o de baja presión. El vapor saturado se utiliza para el calentamiento que corresponde a la temperatura requerida por el flujo a calentar, desde 50 a 80 psia de presión. Se utiliza para el calentamiento de serpentines, chaquetas, reboiles, rehervidores, en la producción vacío por medio de los eyectores en una planta de tratamiento de agua, etc. El vapor saturado se

utiliza para el calentamiento de conjuntos habitacionales, oficinas, hospitales, terminales aéreas y ferroviarias. La presión de vapor puede variar desde 2 a 80 psi en los calentadores de espacio o estufas.

Cuando para el proceso de calentamiento y de acuerdo a su diseño, son necesarias presiones de vapor bajas, del orden de menos de 100 psi; es recomendable generar a 125 psig, y después reducir ésta a la salida del generador, al pasarla a través de una estación reductora de presión.

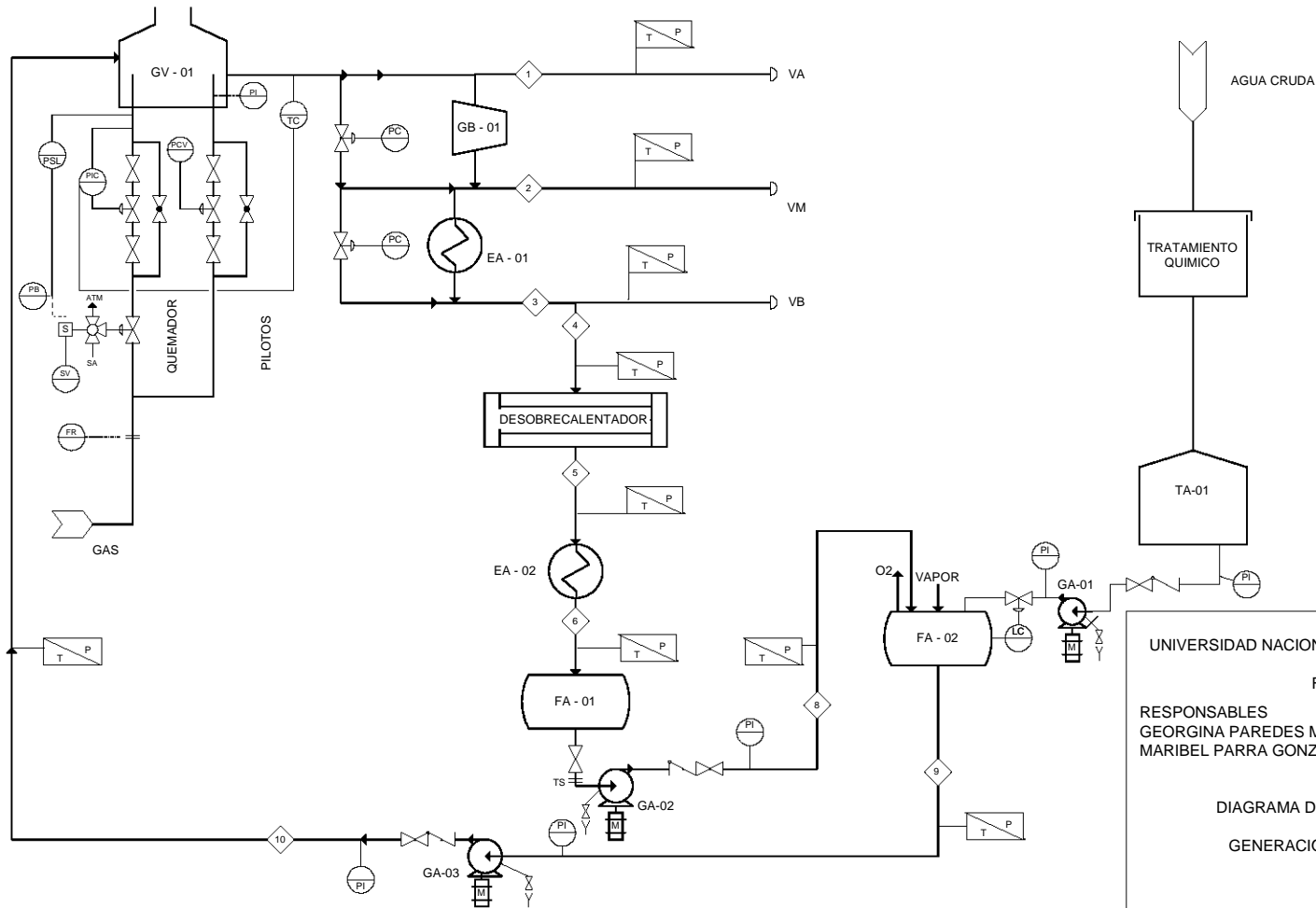
El generador de vapor es un conjunto de aparatos destinados a la producción de vapor para usos industriales, calefacción o para producir energía mecánica. El líquido generalmente empleado en la producción de vapor es el agua. Las partes esenciales de un generador de vapor son: el horno y la caldera, pero los generadores modernos constan de otros aparatos.

1. **Horno:** Donde se produce la combustión, aumentando la temperatura de los gases de combustión. Este calor pasa a la caldera por convección y radiación, produciéndose la ebullición del agua y así la producción del vapor.

2. **Caldera:** En la caldera se lleva a cabo la vaporización del líquido (el más utilizado es agua), el objetivo de ésta es hacer que los gases de combustión que vienen del horno a una temperatura elevada, distribuyan su calor al fluido que está dentro de la caldera. Las calderas constan de superficies a través de las cuales se transmite calor y están diseñadas para la circulación y separación de agua-vapor (Ver figura 4.8).

#### **4.2.6 Sistema de Gas Inerte.**

Con el fin de cubrir las necesidades de gas de agotamiento, atmósfera inerte, gas de purga, gas de respaldo para instrumentos, se dispone de un sistema generador de gas inerte.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FES - C  
 RESPONSABLES  
 GEORGINA PAREDES MONTIEL  
 MARIBEL PARRA GONZALEZ

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
 GENERACIÓN DE VAPOR TÍPICO

Figura 4.8



Se utiliza para generar un gas con bajo contenido de oxígeno, evitando el riesgo de un incendio o explosión, también para reducir al mínimo la corrosión del equipo generador y donde se utiliza como servicio.

El gas inerte es una mezcla de gases, constituidos principalmente de nitrógeno, argón, bióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno, oxígeno y vapor de agua. En algunos servicios la composición del gas puede variar y llega a ser gas licuado. Se obtiene por medio de la combustión del gas natural o de gas propano de acuerdo a la reacción de gas natural y aire, o bien, de la reacción de propano y aire. Ambas reacciones producen vapor de agua.<sup>28</sup>

El sistema de gas inerte está formado de una cámara de combustión, compresor de gas, enfriador, separadores de condensados de alta y baja presión y un tanque receptor de gas inerte.

En procesos donde las temperaturas son mayores a 150°C, es necesario disponer de un sistema de aceite de calentamiento para mantener las altas temperaturas.

#### **4.2.7 Sistemas de drenaje y desechos.**

Son los servicios sanitarios, los desagües del proceso y el drenaje pluvial. El sistema de drenaje en las plantas de proceso está constituido por una línea principal que debe tener la suficiente profundidad.

En los procesos químicos, el tratamiento de efluentes evita la contaminación ambiental. Este tratamiento consiste en métodos físicos, químicos y mecánicos. La selección de dicho método depende de la disponibilidad de espacio, características del desecho, volumen generado y las limitaciones en la calidad del efluente.

El área de efluentes es destinada a la recolección, tratamiento y disposición de las corrientes de aguas contaminadas que se generan en los centros de trabajo.

El sistema formado por el conjunto de tuberías, válvulas y accesorios que sirven para coleccionar y desalojar líquidos de desecho, incluyendo obras complementarias como: los cárcamos colectores, pozos de visita, fosas y registros, se les conoce como drenaje (Figura 4.9).<sup>14</sup>

Los drenajes se clasifican en cuatro tipos:

- Drenaje Aceitoso.
- Drenaje Pluvial.
- Drenaje Químico.
- Drenaje Sanitario.

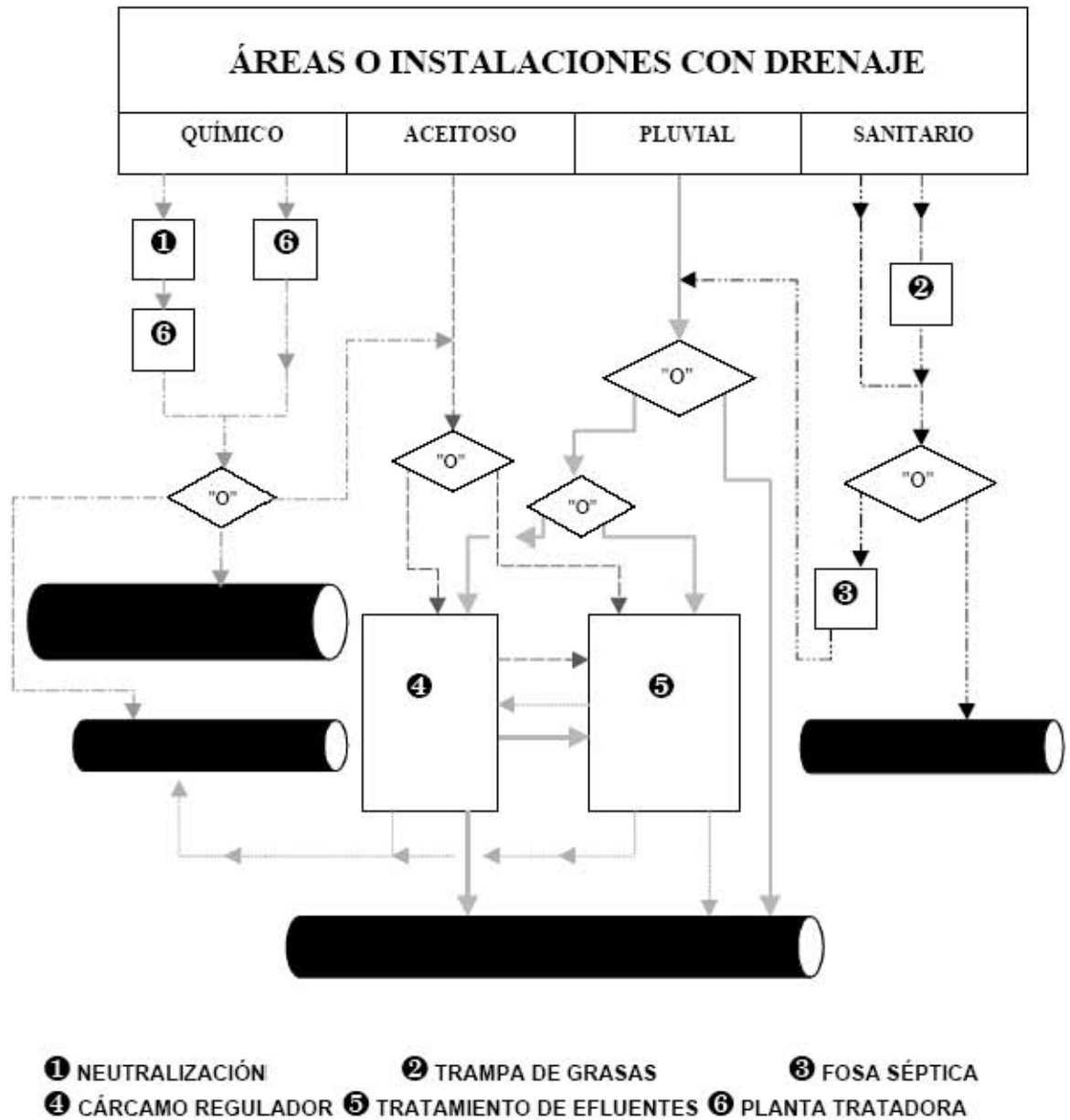
**Drenaje aceitoso.**- Es el sistema que colecta y desaloja todas las aguas no corrosivas, contaminadas con hidrocarburos.

El drenaje aceitoso para las áreas operativas debe captar todos los derrames y purgas de hidrocarburos, para su recuperación.

En la industria química existe un problema específico de contaminación de aceite, ya sus características son diferentes, por lo que se necesita determinar la cantidad y tipo de aceite en el efluente.

El drenaje aceitoso, se divide en:

- a) **Aceite libre**, que se tiene cuando en una mezcla aceite-agua esta estática por un tiempo corto.
- b) **Aceite emulsionado**, que se tiene debido al mezclado turbulento, cuando las gotas de aceite se dispersan en la fase acuosa.
- c) **Aceite soluble**, se presenta cuando existe materia orgánica disuelta en la fase acuosa.



**Figura 4.9** Distribución del sistema de drenaje.

La red de drenaje aceitoso debe estar por fuera del dique de contención y antes de la válvula de bloqueo con una interconexión valvulada entre el drenaje pluvial, para que se transporte por gravedad a las corrientes de éste. Los derrames de las torres de enfriamiento irán hacia el sistema de tratamiento de efluentes por colectores aceitosos.

El espacio entre el área de carga y descarga de productos petrolíferos, debe contar con registros de drenaje aceitoso (provistos de ataja llamas) que capten derrames de hidrocarburos mediante pendientes y parte aguas como se muestra en la figura 4.10.

**Drenaje Pluvial.** - Es el sistema que colecta y desaloja las aguas de lluvia de las calles y áreas pavimentadas, aguas de purgas de las torres de enfriamiento, así como todas aquellas que no estén contaminadas con hidrocarburos, productos corrosivos o tóxicos.

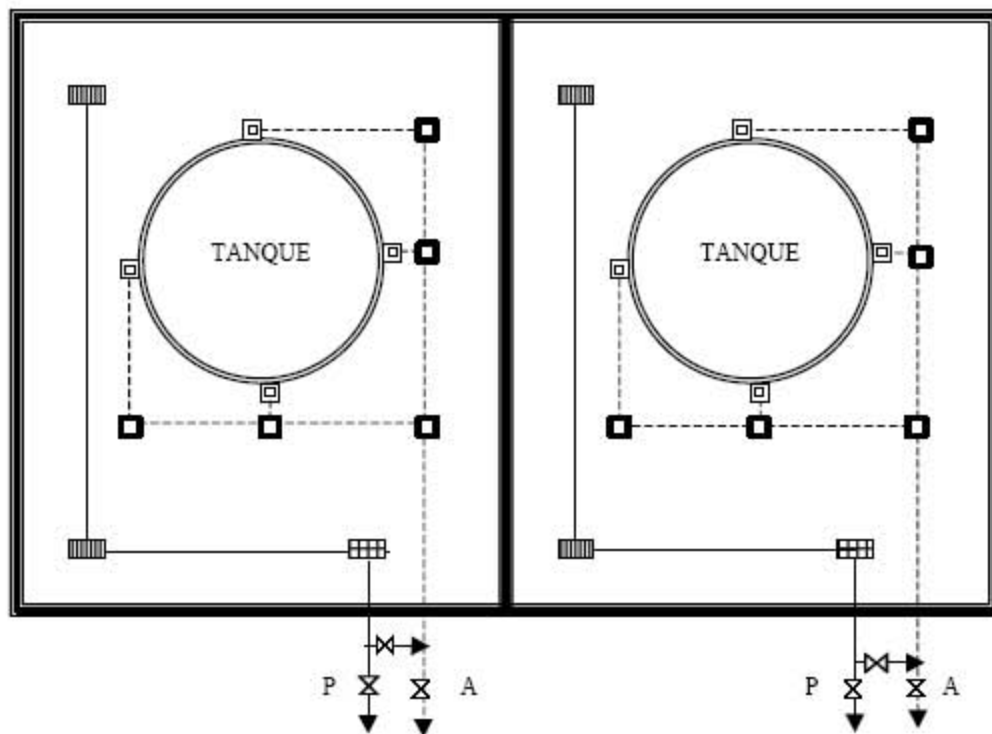
**Drenaje Químico.** - Es el sistema que se utiliza para coleccionar y desalojar las aguas residuales contaminadas con productos ácidos, alcalinos o tóxicos; sus materiales de construcción no son afectados por estas sustancias y su diseño no permite la generación de emanaciones que afecten la salud de los trabajadores y/o el medio ambiente.

**Drenaje Sanitario.** - Es el sistema que se utiliza para desalojar las aguas negras y de servicio de los baños, oficinas, cuartos de control, talleres, almacenes y otras instalaciones similares.

La optimización de los procesos para el tratamiento de efluentes es excepcionalmente efectiva, evitando la contaminación del medio ambiente. La tecnología para el tratamiento de desechos de cualquier proceso puede consistir en métodos de tipo físico, químico y mecánico.

#### **4.2.8 Desfogue.**

Se refiere a la liberación de energía de presión a través de dispositivos instalados especialmente para ella y por medio de tuberías que descargan la materia causante de la sobre presión a un lugar seguro, lejos de los equipos y del personal que se encuentra laborando a los alrededores de la planta. Este material



**Figura 4.2** Esquema de drenaje en área de almacenamiento.

P Drenaje pluvial.

A Drenaje aceitoso.

- Registro con tapa ciega del drenaje aceitoso.
- Copa de purga.
- ⊗ Válvula de compuerta.
- ▨ Registro normal de drenaje pluvial (dependiendo del diseño, pueden ser substituidos por parteaguas y canaletas).
- ▩ Registro con sello hidráulico del drenaje pluvial.

liberado puede ser líquido, gas o vapor, para aliviar la sobre presión, en equipos y tuberías de proceso, para mantener las condiciones de operación dentro de especificación, sin poner en peligro la seguridad de la planta y del personal.

Así el sistema de desfogue se define como las instalaciones útiles para manejar en forma segura los fluidos provenientes de los dispositivos de relevo de presión o de los venteos de los equipos; de otra manera tendrían que ser lanzados a la atmósfera.

El sistema de desfogue se divide en dos:

- a) Sistema de desfogue abierto: es utilizado para el desfogue de sustancias no tóxicas, no inflamables, las cuales se descargan directamente a la atmósfera.
- b) Sistema de desfogue cerrado: este es enviado a la línea de recolección y al tanque separador y neutralizador, los cuales están ubicados dentro de los siguientes parámetros.
  - Cerrado a quemadores: se usa para sustancias que no son tóxicas, que no forman mezclas explosivas con el aire y sus productos de combustión no son tóxicos.
  - Cerrado a neutralización: usado para sustancias que son tóxicas, formando mezclas explosivas con el aire.
  - Cerrado a recuperación: es para fluidos que por su costo requieren ser recuperados.

#### **4.2.9 Mecanismos de combustión interna.**

En la planta de proceso las máquinas de combustión interna se usan como accionamiento de servicio pesado para bombas y compresoras de movimiento alternativo, para generadores de fuerza eléctrica. Las grandes compresoras de movimiento alternativo se construyen en forma integral con el accionamiento de la máquina. Los sistemas de combustible para máquinas de combustión interna deben ser diseñados para evitar que penetre material extraño a la máquina.

#### **4.2.10 Almacenamiento y movimiento de materia prima y productos.**

En las operaciones de las plantas de proceso son esenciales las facilidades adecuadas de almacenamiento, tanto para materias primas como productos elaborados.

Dentro de la planta, el movimiento al punto de embarque y viceversa de materias primas y productos líquidos y gaseosos se hace mediante bombas y

tuberías. Los materiales sólidos se mueven por medio de transportadores, elevadores de cangilones, canaletas, montacargas y sistemas neumáticos.

#### **4.2.11 Mantenimiento.**

Las plantas disponen de una central de talleres completos para trabajos determinados como la reparación de instrumentos, composturas, carpintería y de equipo eléctrico.

### **4.3 Servicio auxiliares que contribuyen al calentamiento global.**

Algunos de los servicios auxiliares que contribuyen al calentamiento global son los combustibles utilizados para la generación de energía, vapor, gas inerte y desfogue, causando emisiones de gases de efecto invernadero.

Los combustibles fósiles se formaron a partir de restos de animales y de plantas que fueron sometidos a condiciones de presión muy elevadas para la reducción total de los compuestos orgánicos hasta su estado mineral, o bien por su reducción parcial a hidrocarburos, considerando éstos como recursos no renovables ya que su formación requiere mucho tiempo y ocurre en forma natural. Los combustibles fósiles que contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero son:

- a) Carbón.
- b) Petróleo.
- c) Gasolina.
- d) Diesel.
- e) Esquistos bituminosos.
- f) Gas Natural.

#### **a) Carbón.**

El uso del carbón afecta al medio ambiente en la extracción y uso de este combustible emitiendo gases de efecto invernadero como: CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>.

## **b) Petróleo.**

Las etapas que componen el procesamiento del petróleo son: exploración, explotación, transporte, refinamiento, almacenamiento y uso. Las emisiones de contaminantes a la atmósfera están asociadas con fuentes de combustión.

- Óxidos de azufre,  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$ .
- Hidrocarburos.
- Parafinas como metano, etano, propano, etc.
- Olefinas como etileno, propileno, etc.
- Aromáticos como benceno, tolueno, xilenos, etc.
- Monóxido de carbono,  $\text{CO}$ .
- Bióxido de Carbono,  $\text{CO}_2$ .
- Óxidos de nitrógeno,  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$ .
- Partículas sólidas.
- Compuestos malolientes, como el sulfuro de hidrógeno y mercaptanos.

## **c) Gasolina.**

La quema de gasolina contribuye en el aumento de emisiones de  $\text{CO}_2$ .

## **d) Diesel.**

Los principales problemas de contaminación generados por el uso del diesel son:

- La producción de partículas,
- Humos negros y
- Emisiones de azufre.

Los combustóleos (o residuos del petróleo), se emplean para calentamiento de calderas, tanto a escala industrial como para generación eléctrica con turbinas de vapor y máquinas diesel, como los barcos y algunas centrales eléctricas.



## **5) Esquistos Bituminosos.**

La explotación de los esquistos bituminosos tiene un impacto ambiental en su procesamiento basado en el rompimiento de la roca y su calentamiento. Durante la molienda se libera, silicio,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , y  $\text{CO}$ . Los problemas medioambientales asociados con esta fuente energética son la contaminación del agua, aire y la alteración del suelo en la zona de extracción.

## **6) Gas Natural.**

Desde el punto de vista ambiental resulta un combustible muy recomendable. El gas se mezcla fácilmente con el aire, lo que favorece una combustión completa y disminuye la cantidad de  $\text{CO}$  emitido a la atmósfera. Una vez procesado queda libre de azufre, prácticamente no emite óxidos de nitrógeno y la liberación de hidrocarburos no saturados es casi nula.

En comparación con otros combustibles fósiles, el gas natural es más limpio y puede ayudar a mejorar la calidad del aire y el agua, especialmente si es utilizado en lugar de otro combustible fósil más contaminante.

Sin embargo de la combustión del gas natural resultan emisiones a la atmósfera de  $\text{SO}_2$  o de pequeñas partículas de materia. Pero tiene menores emisiones de  $\text{CO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  e hidrocarburos reactivos, debido a que se compone principalmente de metano. Cuando el metano se quema completamente, el principal producto de combustión es  $\text{CO}_2$  y vapor de agua. En comparación, el petróleo y el carbón tienen estructuras moleculares más complicadas, una proporción más alta de carbón así como de compuestos de azufre y de nitrógeno, por lo que no se queman tan limpiamente.

## **Conclusión.**

Todos los procesos de la industria química requieren de servicios auxiliares, éstos se dividen en primarios y secundarios.

Algunos de ellos provocan en sus desechos contaminación en suelos, agua y aire. Principalmente la quema de combustibles para generar energía y vapor, provocan que se generen gases de efecto invernadero, principalmente CO<sub>2</sub>, que inducen al calentamiento global del planeta.

Algunas empresas toman las medidas en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, implementando maquinaria u otros métodos para disminuir sus emisiones. En el siguiente capítulo se verá el control en las industrias para evitar dichas emisiones.

## **CAPITULO 5. MEDIDAS PARA LA DISMINUCION DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.**

Los principales servicios auxiliares vistos en el capítulo anterior; la quema de combustibles fósiles, son causantes de emisiones de gases de efecto invernadero.

Para prevenir la formación de contaminantes, es necesario actuar sobre las materias primas o proceder a la modificación del equipo o proceso, sobre los productos generados o controlando las emisiones de los contaminantes.

Este control se refiere a impedir que el contaminante salga a la atmósfera. Siguiendo dos principios:

- 1 Concentrar y retener (depuración) o
- 2 Expulsar y diluir.

En este capítulo se mencionan las medidas implementadas por algunas industrias para disminuir las emisiones así como algunos métodos de control. Entre ellos:

1. Algunos métodos para el control de emisiones de CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre.
2. Los procesos necesarios para disminuir las emisiones, principalmente: torres de absorción, métodos de adsorción y procesos de condensación.
3. El Proceso de combustión, que impide que gases contaminantes de efecto invernadero sean expulsados a la atmósfera.

### **5.1 Control de emisiones de gases de efecto invernadero.**

Hay diferentes métodos para el control de las emisiones de gases de efecto invernadero. A continuación se describen los métodos más empleados en las emisiones que afectan directamente la calidad del aire, influyendo en el calentamiento global.

### **Dióxido de carbono.**

Para el control de las emisiones se tiene en cuenta la cantidad de gas emitido por unidad de energía producida en función del combustible fósil empleado, es decir, la cantidad de calor liberada cuando se quema una sustancia que contiene carbono, es directamente proporcional a la cantidad de oxígeno que consume.

En el futuro, el CO<sub>2</sub> deberá eliminarse químicamente de los gases de salida de las centrales energéticas que queman combustibles fósiles, en lugar de liberarlos a la atmósfera.

Una vez recuperado, el dióxido de carbono podría depositarse en un lugar con el fin de prevenir su liberación del aire. Por ejemplo, enterrándolo en las profundidades oceánicas, donde se disuelve, en acuíferos muy profundos, bajo la tierra, en pozos de petróleo o de gas natural o en vetas de carbón. Otra alternativa para prevenir la liberación inmediata del dióxido de carbono a la atmósfera, implicaría la creación de globos gigantes de dióxido de carbono sólido o hielo seco, almacenarlos, aislándolos a  $-79\text{ }^{\circ}\text{C}$  (punto de sublimación del CO<sub>2</sub> sólido) en la superficie terrestre, sin embargo el almacenaje resulta peligroso debido a la volatilidad del contaminante.<sup>23</sup>

Una alternativa viable es la sustitución de los combustibles tradicionales, como el gas natural o bien hacer uso de energías alternas.

### **Óxidos de azufre.**

Su origen radica en los combustibles fósiles con alto contenido en azufre. El control de las emisiones de óxidos de azufre se puede efectuar como:

- Desulfuración del combustible o
- Desulfuración sobre los gases de combustión.

- **Desulfuración del combustible.** Para desulfurar el carbón hay dos principios:

1. Si el azufre es **inorgánico**, se elimina mediante lavado y lixiviación,
2. Si el azufre es **orgánico**, se elimina mediante gasificación o destilación.

En el caso del petróleo, el método más utilizado es la denominada hidrodesulfuración.

- **Desulfuración de los gases de combustión.** Se realiza mediante el lavado de los gases con una disolución alcalina, inyectando en el sistema de combustión caliza finamente molida.

### **Óxidos de nitrógeno.**

Este control se puede efectuar, en:

1. El proceso de combustión o
2. Los gases de combustión.

En el **Proceso de combustión**, las variables que actúan son: la concentración relativa de las especies, la temperatura y la homogeneización de la mezcla, mediante un quemador. Esto hace que la combustión sea menos completa, provocando la producción de otros contaminantes, como el monóxido de carbono e hidrocarburos no quemados (tratado más adelante).

En los **Gases de combustión**, los métodos que se disponen son la descomposición o reducción de los óxidos con o sin catalizador, por medio de absorción o una adsorción.

## **5.2 Equipo para el control de emisiones.**

En los procesos químicos se busca eliminar gases como: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ácidos inorgánicos e hidrocarburos; para lo que se utilizan equipos de:

1. Absorción.
2. Adsorción.
3. Condensación.
4. Combustión.

Existen más equipos para el control de emisiones, sólo mencionan los más representativos.

### **1. Equipos de absorción.**

Estos son:

- a) Torres de aspersión,
- b) Torres de platos y
- c) Torres empacadas.

Estos procesos se llevan a cabo por transferencia de masa de la fase gaseosa a la fase líquida. La absorción se emplea para la remoción de gases como el bióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ácido sulfhídrico, ácido clorhídrico, cloro, amoníaco y algunos hidrocarburos ligeros.

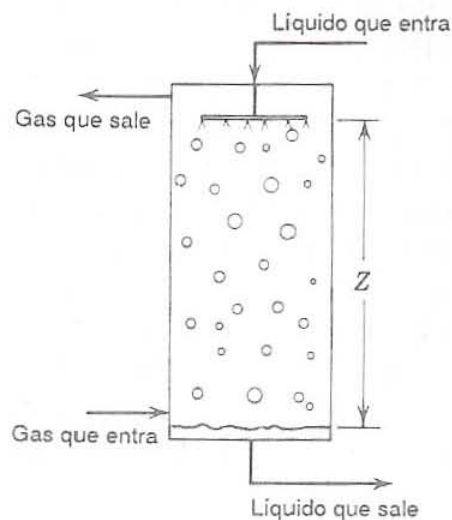
La eliminación de hidrocarburos en el aire se emplea en industrias como la del asfalto, tostado de café, la coquización del petróleo y en la fabricación de barnices y resinas. El líquido empleado para la absorción debe ser solvente del contaminante, no volátil y químicamente estable. Los principales absorbentes alcalinos son las sales de sodio, amoníaco y agua con cal.<sup>21</sup>

La absorción de los gases en los líquidos es una de las técnicas más utilizadas para controlar la composición de los gases residuales industriales antes de su descarga en la atmósfera.

### a) Torres de aspersión.

Manejan grandes cantidades de aire con poca pérdida de carga. Tienen buena eficiencia, siempre y cuando la concentración del contaminante no sea muy alta. Remueve tanto partículas sólidas, como gases. En general, a menor tamaño de gota, mayor turbulencia y el rendimiento aumenta.

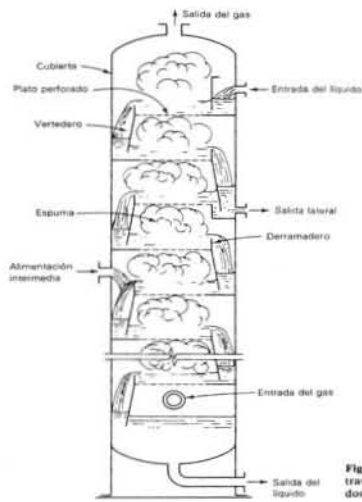
Las torres de aspersión son baratas en instalación y mantenimiento. Estas torres están formadas por grandes cámaras a través de las cuales fluye la fase gaseosa y en las que se introduce el líquido en pequeñas gotas. El líquido se introduce en forma de rocío y cae por gravedad, en contracorriente al gas que se eleva.



**Figura. 5.1** Torre de aspersión

### b) Torres de platos.

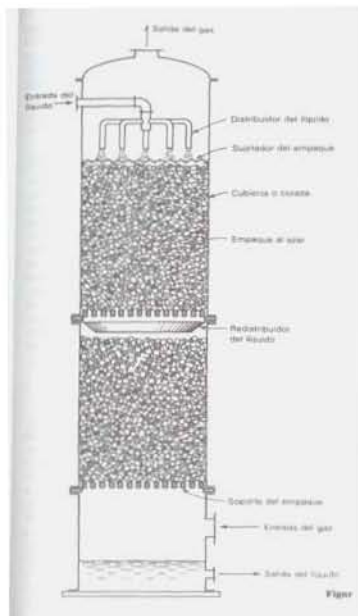
Sus características son similares a las de torres de aspersión. Tienen charolas horizontales donde se encuentra el líquido con el objeto de transferencia del contaminante hacia el solvente. Se utilizan cuando el flujo del líquido es bajo. Un ejemplo del uso de la torre de platos es eliminar metano mediante el lavado con aceite hidrogenado.



**Figura. 5.2** Torre de platos

**c) Torres empacadas.**

El empaque debe contar con una elevada área superficial. Los materiales más comunes son los anillos Raschig, sillas Berl, anillos Pall y sillas Intalox. Las torres empacadas por lo general, se operan a contracorriente, es decir el gas entra por la parte baja y el líquido por la alta. Un ejemplo es la eliminación de azufre lavado con una solución acuosa de sal de amonio.



**Figura. 5.3** Torre empacada



2. **En el proceso de adsorción**, el gas contaminante se adhiere a un sólido sin que exista una reacción química. Los adsorbedores son columnas empacadas en las que es necesario sustituir y regenerar el material sólido. Deben tener una alta porosidad así como un área superficial elevada. Los materiales más utilizados son el carbón activado, la alúmina, la bauxita, la sílica gel y las zeolitas. Estos sólidos son los adsorbentes y sirven para separar gases o vapores de corrientes gaseosas. La adsorción es un fenómeno de superficie.

3. **En el proceso de condensación**, el compuesto se condensa si disminuye su temperatura y su presión parcial aumenta de manera que sea igual o mayor que la presión de vapor. Si la temperatura de una mezcla de gases se reduce hasta la temperatura de saturación, su presión de vapor es igual a la presión parcial y el vapor se condensa.

En la tabla 5.1 se resumen los principales métodos para evitar las emisiones contaminantes de acuerdo al tipo de industria y/o proceso. La última columna indica el tipo de tratamiento que hay que darle a ese proceso para disminuir o evitar la emisión de contaminantes.

#### **4 Proceso de combustión.**

La combustión se aplica para contaminantes oxidables por incineración o por combustión catalítica. Se basa en aumentar el grado de oxidación a los contaminantes y para ello requiere de un buen diseño que considere cantidad de oxígeno, temperatura, turbulencia y tiempo de reacción. Algunos procedimientos son:

- Antorchas o combustión directa en flama.
- Hornos.
- Oxidación catalítica.
- Reducción catalítica.

**Tabla 5.1. Métodos de control de la contaminación del aire de algunas industrias.**

| <b>INDUSTRIA O PROCESO.</b>             | <b>FUENTE DE EMISIÓN.</b>                                   | <b>CONTAMINANTE.</b>                                    | <b>TRATAMIENTO.</b>   |
|---|---|---|---|
| Siderúrgica (hierro y acero).           | Altos hornos.<br>Hornos de acero.                           | Óxido de hierro, polvo y humo.                          | Ciclones, filtro precipitación electrostática y colectores húmedos. |
| Fundición de hierro gris.               | Cubilotes.<br>Mezcladores.                                  | Óxido de hierro, humo, aceite en polvo, humos de metal. | Lavadores y colectores centrífugos.                                 |
| Industria metalúrgica no ferrosa.       | Fundidoras y hornos.  | Humos, humos de metal, aceite y grasa.                  | Precipitadores electrostáticos y filtros.                           |
| Refinerías de petróleo.                 | Regeneración de catalizadores.<br>Incineración de lodos.    | Catalizadores en polvo, cenizas de los lodos.           | Ciclones, precipitadores electrostáticos, lavadores y filtros.      |
| Fabricación de cemento Pórtland.        | Hornos, secadores.<br>Manejo de materiales.                 | Álcalis y polvos del proceso.                           | Filtro, precipitadores electrostáticos y colectores mecánicos.      |
| Proceso Kraft para producción de papel. | Hornos de recuperación. Secadores.<br>Tanques de fundición. | Polvos químicos.  | Precipitadores electrostáticos y lavadores tipo Venturi.            |
| Vidrio y fibra de vidrio.               | Hornos. Moldeado y curado. Manejo de material.              | Niebla ácida, polvos alcalinos, polvos y aerosoles.     | Filtros y quemadores.   |

El método más eficaz para controlar estas emisiones es actuar sobre el proceso de combustión, utilizando diferentes equipos que actúan sobre estos gases, realizando una combustión auxiliar. Para realizar una combustión auxiliar se tienen:

- Combustión con flama directa,
- Combustión térmica y
- Combustión catalítica.

• **Combustión con flama directa.** Consiste en aplicar una flama a la salida de los gases por la chimenea, como es utilizada en las refinerías de petróleo. El proceso de la combustión de flama directa se encuentra en el figura 5.4.

Un quemador elevado es un equipo diseñado para quemar el gas sobrante o el desperdicio originado en refinerías, plantas químicas, terminales de almacenamiento, gasoductos y facilita la producción durante la operación normal o de emergencias. Es una unidad de desperdicio utilizada en un proceso de oxidación a altas temperaturas. Se emplean en otras industrias como: la producción de acero, almacenamiento de amoniaco, digestores de aguas sucias, almacenamiento bajo tierra en cavernas, plantas nucleares con intercambiadores de calor agua/sodio, producción de agua pesada, entre otras. Los quemadores son un método efectivo y económico de eliminación de corrientes gaseosas sobrantes, sin embargo esta unidad es altamente contaminante.<sup>16</sup>

Hace algunos años los vapores de hidrocarburos eran venteados a la atmósfera sin quemarse; provocando dos problemas: la inseguridad y la contaminación del medio ambiente. En la actualidad existen diferentes tipos de quemadores para tratar los gases originados en los procesos:

1. Quemadores de flama que no produce humo.
2. Quemadores de flama sin humo.

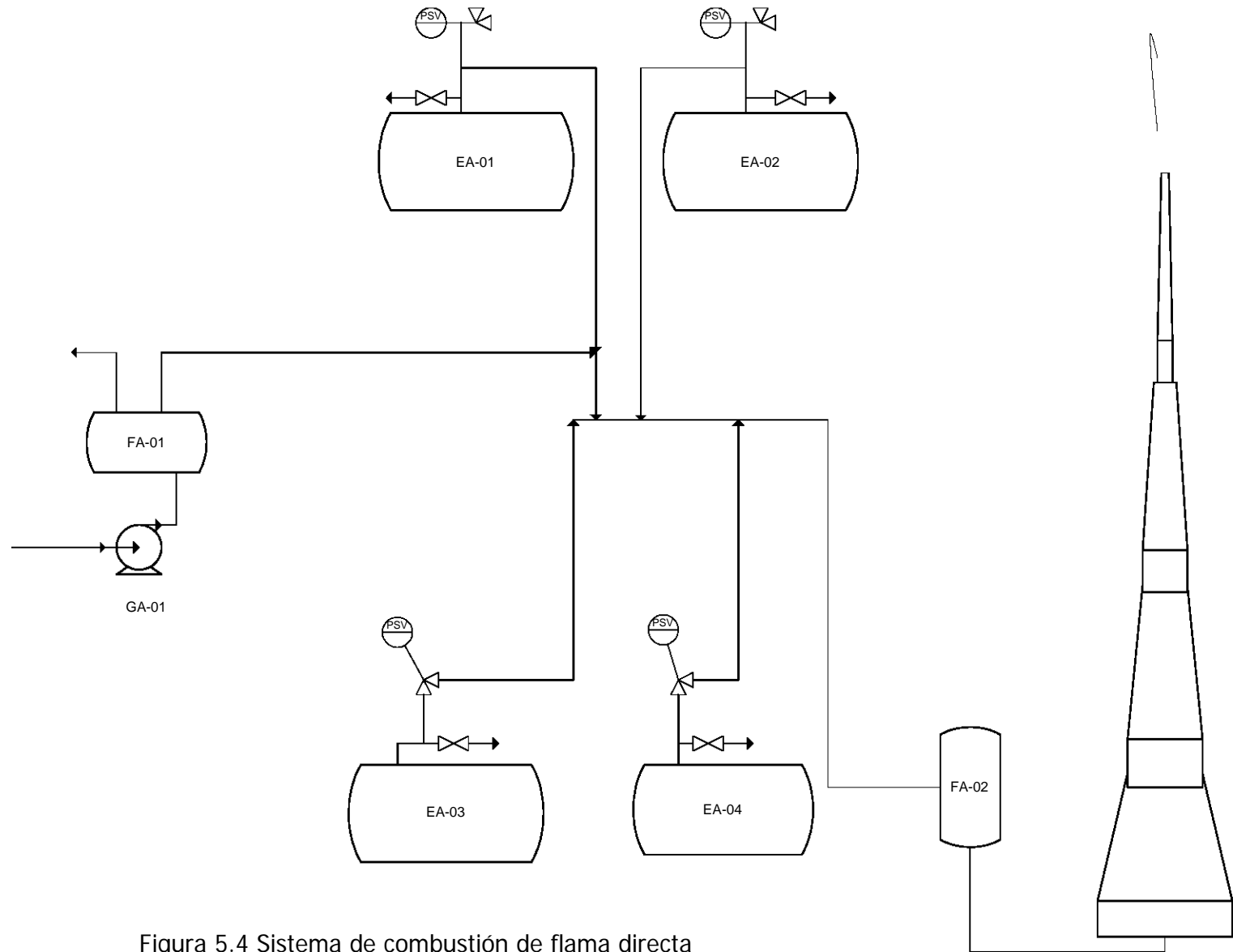


Figura 5.4 Sistema de combustión de flama directa

### 3. Quemadores de flama endotérmicos.

Cada quemador está construido con las siguientes variaciones:

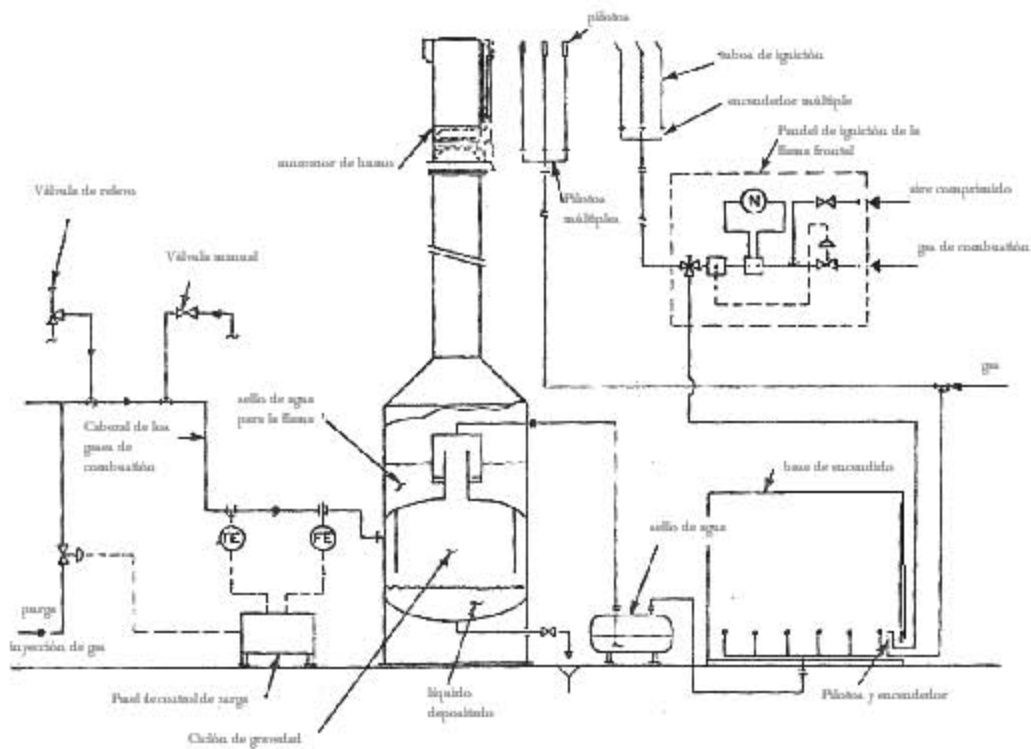
- a) Quemadores de flama verticales o elevados.
- b) Quemadores de flama horizontales o de huecos.
- c) Quemadores mar afuera o de estampido.
- d) Quemadores de flama encerrados o a nivel tierra.

1. **Quemadores de flama que no producen humo.** Son usados para hidrocarburos o corrientes de vapor que no producen humo como: metano, hidrógeno, monóxido de carbono, gas sobre coque y amoníaco. El amoníaco se quemará con una baja eficiencia, produciendo una pluma blanca si el contenido de humedad en la atmósfera es alto.

Estos quemadores son utilizados en:

- Plataformas mar afuera.
- Terminales de gas licuado natural / gas licuado de petróleo.
- Plantas de acero.
- Terminales de almacenamiento de amoniaco.
- Plantas de fuerza nuclear.
- Digestores de aguas sucias.
- Grandes unidades de refrigeración.

2. **Quemadores sin humo.** Son requeridos para un proceso limpio de las corrientes de hidrocarburos, como: el grupo de las parafinas por arriba del metano y para todas las olefinas y los aromáticos.



**Figura. 5.5** Sistema de Flare Dual para refinerías y Plantas petroquímicas.

Este tipo de quemadores utilizan vapor, gas combustible a alta presión, atomización de agua, un soplador de aire o una acción de remolino a alta velocidad para producir una operación sin humo y una mejora en la combustión.

Las aplicaciones industriales son:

- Refinerías.
- Plantas químicas.
- Almacenamiento bajo tierra.
- Producción de acero.
- Gasoductos.
- Plataformas en mar abierto.
- Plantas de gas.
- Tanques de almacenamiento.

3. **Quemadores de flama endotérmicos o a fuego.** Son incineradores elevados que se usan en corrientes de deshecho de baja capacidad calorífica, como restos de gas. El quemado de amoníaco es especial, debido a la presencia de combustible que produce nitrógeno, el cual genera NOx. El amoníaco tiene un valor calorífico bajo por lo que se requiere gas de asistencia para incrementar su capacidad calorífica y asegurar su completa combustión, minimizando la producción de NOx. El gas asistente es muy importante ya que puede reducir los niveles de NOx.

Para algunas aplicaciones del amoníaco, el quemador solo se utiliza en emergencias. Puede ser utilizado un quemador que no produce humo o un quemador de relevo. Otras aplicaciones de este tipo de quemadores son:

- Gas residual.
- Gas sobre carbón.
- Corrientes de baja capacidad calorífica y corrientes de gas ácido o azufre.

- **Combustión térmica.** Cuando la concentración del contaminante es baja, el gas a quemar se calienta previamente y después se quema utilizando combustibles suplementarios.

- **Combustión catalítica.** La combustión se realiza mediante un catalizador. Entre los catalizadores más utilizados se encuentra el platino. Esta técnica permite trabajar a temperaturas más bajas, con las que se evita la producción de otros contaminantes, como óxidos de nitrógeno.

En la tabla 5.2 se muestra un resumen de los métodos de control para el caso de combustiones. En estos métodos, se actúa de tres maneras: sobre el combustible, sobre los productos de combustión y sobre el proceso de combustión.<sup>23</sup>

**Tabla 5.2. Métodos de control del combustible utilizado.**

| PARAMETROS               | PROPUESTAS.   |
|--------------------------|---|
| COMBUSTIBLE.             | 1. Uso de combustibles limpios (gas natural, gases licuados del petróleo).<br>2. Depuración previa.<br>Ejemplo: desulfuración de un carbón.   |
| PROCESO DE COMBUSTION.   | 4. Optimización del proceso: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Control relación combustible/aire.</li> <li>• Empleo de aditivos.</li> <li>• Empleo de catalizadores.</li> </ul> 5. Sistemas avanzados de combustión.<br>Mantenimiento de instalaciones. |
| PRODUCTOS DE COMBUSTION. | 1. Procesos de purificación. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adsorción.</li> <li>• Absorción.</li> <li>• Filtración.</li> <li>• Combustión química.</li> <li>• Reducción.</li> <li>• Oxidación química.</li> </ul> Ejemplo: reducción de emisiones por partículas, SOx.                  |

### 5.3 Fuentes de energía alterna.

Otra propuesta para disminuir la emisión de CO<sub>2</sub> es el uso de energías alternativas, cuya fuente no involucra quema de combustibles fósiles. La generación de energía en casi todo el mundo depende de las fuentes de energía no renovable, el petróleo. Debido a la demanda de este producto, se ha



manifestado el encarecimiento de éste, provocando altas emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que es necesario utilizar fuentes de energía alternas.

Se llama energía renovable a la que puede explotarse ilimitadamente ya que su cantidad disponible no disminuye a medida en que ésta se aprovecha. Una de las ventajas más importantes de utilizar energía renovable es poner solución a los problemas del cambio climático.

Dentro de las energías no renovables más utilizadas en nuestro país, están:

- La energía hidráulica,
- La energía nuclear,
- La energía solar,
- La energía eólica,
- La energía proveniente de la biomasa.

### **Conclusiones.**

Se pretenden regular las emisiones industriales con el objetivo de mantener bajas concentraciones de gases de efecto invernadero conforme a las normas nacionales e internacionales, cumpliéndolas, utilizando tecnologías de reducción de emisiones.

Estas normas buscan alternativas para disminuir o evitar que escapen emisiones a la atmósfera, recurriendo a diferentes métodos basados en la concentración del contaminante para retenerlo o diluirlo.

Uno de los métodos más utilizados en el control de gases es actuar sobre el proceso de combustión, por medio de quemadores o chimeneas que operan mediante el proceso de oxidación a altas temperaturas. Aunque es el método más utilizado en la industria del petróleo, éste es altamente contaminante. Hoy en día

se investigan y se aplican nuevas tecnologías, con el propósito de minimizar la concentración de contaminantes derivados del proceso de combustión.

Una de las nuevas tecnologías en el proceso de combustión para evitar emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera es el quemador tipo "cuanda", en el cual la concentración de bióxido de carbono disminuye debido al diseño de la torre, provocando que el vapor se condense en pequeñas gotas acumuladas en un tanque; los gases que no permiten su completa combustión salen directamente a la atmósfera en bajas cantidades.

Actualmente no existe proceso o equipo que elimine totalmente las emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que es importante que se investiguen nuevas tecnologías capaces de minimizar las concentraciones de GEI, por debajo de su límite permisible.

## **CAPITULO 6. ANÁLISIS DE FUENTES ALTERNAS DE ENERGÍA NACIONALES E INTERNACIONALES.**

Para buscar alternativas de reducción de las concentraciones actuales de los GEI, se plantea la importancia que tienen las energías renovables creando sistemas sustentables. Algunos países desarrollados establecen compromisos para reducir sus emisiones, renovando su interés en aplicar políticas de promoción a estas alternativas.

Las tecnologías de aprovechamiento de energías alternas han madurado y evolucionado, aumentando su confiabilidad y mejorando su rentabilidad para muchas aplicaciones. Países como, Alemania y España, presentan un crecimiento acelerado en el número de instalaciones que aprovechan la energía solar de manera directa o indirecta.

Además de la riqueza en energéticos de origen fósil, México cuenta con un gran potencial en cuestión de recursos energéticos alternos, cuyo desarrollo permite contar con una diversificación de fuentes de energía y mitigar los impactos ambientales ocasionados por la producción, distribución y uso final de las formas de energía tradicional.

### **6.1 Energía Hidráulica.**

La energía que llega del sol da lugar entre otros fenómenos, a la evaporación del agua contenida sobre su superficie, principalmente en los océanos. Esta humedad se acumula en las nubes, depositándose en forma de lluvia sobre montañas, alejadas del mar. El agua acumulada en corrientes y por gravedad, busca de nuevo el mar, formando ríos. Este caudal, se puede manifestar en grandes caídas o en muchas corrientes, es la fuente de la energía hidroeléctrica. El agua en movimiento empuja dispositivos giratorios que la convierten en energía mecánica o para mover generadores de electricidad.<sup>7</sup>

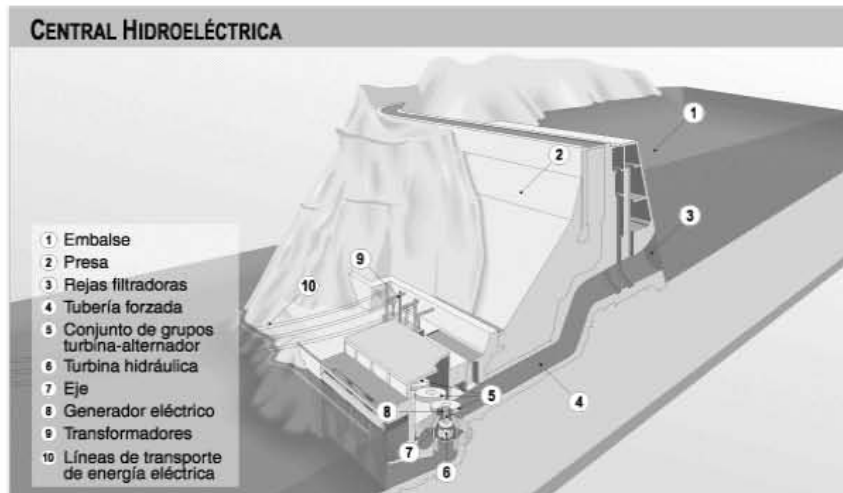


**Figura. 6.1** Central Hidroeléctrica de Chicoasen, Chiapas.

La energía hidroeléctrica es la electricidad generada mediante turbinas accionadas por agua cuyo movimiento se debe a la fuerza de la gravedad. Para contar con un tirante y un caudal apropiado se construyen represas cuyo tamaño varía de acuerdo al proyecto. Se emplean para la producción de energía mecánica (por ejemplo molinos) con ruedas de eficiencia del 40% al 80% y potencias de 1 a 10 kW. Para caídas mayores, las turbinas hidráulicas tienen rendimientos del 80% al 90% en potencias de 10 kW hasta cientos de MW (Figura 6.2).<sup>51</sup>

El obstáculo para el establecimiento de microcentrales son los costos de importación de las turbinas y del equipo eléctrico mecánico, por esta razón es conveniente desarrollar tecnología propia. Aunque las plantas hidroeléctricas no generan emisiones a la atmósfera, provoca la disminución e incluso desaparición de tierras de cultivo, de flora y fauna silvestres, destrucción de especies y pérdida de biodiversidad.

Los efectos en el medio pueden minimizarse desarrollando estudios ecológicos previos y posteriores a la instalación de la planta y realizando labores de regeneración después a la instalación de la misma.



**Figura. 6.2** Esquema de una central hidroeléctrica. En este tipo de centrales se aprovecha la energía potencial debida a la altura del agua para hacerla caer y convertirla en energía cinética. Esta energía moverá los alabes (paletas curvas) de una turbina situada al pie de la presa, cuyo eje está conectado al rotor de un generador, el cual se encarga de transformarla en energía eléctrica. Imagen: Wanadoo.

La energía hidroeléctrica ocupa el cuarto lugar a escala mundial, dentro del consumo final de energía con el 30% del total aproximadamente.

## 6.2 Energía Nuclear.

El uso indiscriminado de los combustibles fósiles (aproximadamente el 90% de la energía producida se genera a partir de ellos), así como las actividades relacionadas con su procesamiento han causado daños ecológicos irreversibles en muchas partes del mundo. La energía nuclear apareció en la década de los sesenta. Sin embargo, esta fuente de energía representa sólo el 5% del total, pues encuentra una oposición generalizada a su uso, debido al problema que representa el confinamiento de los desechos nucleares.

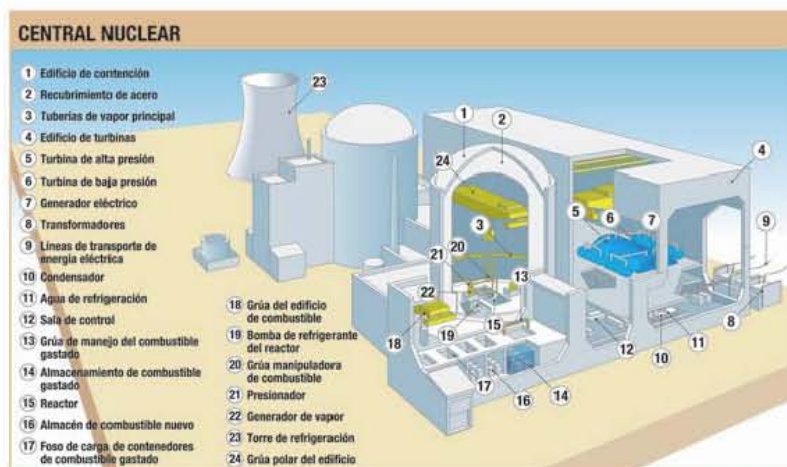
Los combustibles fósiles generan calor mediante una reacción química entre los elementos carbono e hidrógeno con el oxígeno. Estas reacciones involucran únicamente los electrones de los diferentes compuestos sin alterar el núcleo de cada uno de ellos, por lo que la energía proviene de las fuerzas electrostáticas. En cambio las fuerzas responsables de la producción de energía nuclear se generan a partir de las fuerzas que retienen a los neutrones y protones dentro del núcleo.<sup>7</sup>

Durante la fisión, el núcleo se rompe y da lugar a nuevos núcleos. Este reacomodo de neutrones y protones libera una cantidad de energía mucho mayor que la proveniente de la combustión (Figura 6.3).

En México, la explotación del uranio se inició en 1957. Las regiones estudiadas fueron Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila, Zacatecas, Querétaro y Puebla. Para 1981, 14,500 toneladas de uranio, eran suficiente para abastecer las dos unidades de Laguna Verde. A fines de la década de los setenta, menos del 10% del territorio nacional había sido explorado activamente en busca de uranio, sin embargo se consideró que la mitad del país presenta características geológicas y geofísicas favorables para encontrarlo.

La nucleenergía en nuestro país se destina totalmente a la generación de electricidad. Es importante considerar que una central núcleo eléctrica consume una gran cantidad de agua para enfriamiento que es retornada con mayor temperatura al medio ambiente ocasionando problemas de contaminación térmica. Por ejemplo una central de agua ligera de 1,000 MW requiere 50 m<sup>3</sup>/s de agua y eleva su temperatura en 10°C. Los desechos gaseosos están constituidos por isótopos radioactivos de los gases nobles y los gases del activador (yoduros orgánicos).

A nivel internacional, en el año de 1985, funcionaban en el mundo un total de 379 plantas nucleares en 26 países (101 en Estados Unidos, 143 en Europa



**Figura. 6.3** Esquema de una central nuclear. Aquí se utiliza un reactor nuclear en el que se realizan reacciones de fisión del combustible (generalmente uranio) y libera energía calorífica que se transforma en energía eléctrica. Imagen: Wanadoo

Occidental, 65 en la ex Unión Soviética y Europa Central, 33 en Japón, 16 en Canadá y 21 en siete países en desarrollo).<sup>54</sup>

Aunque es una buena alternativa como energía renovable, se han presentado graves accidentes nucleares, como el de la isla de Tres Millas en Estados Unidos y de Chernobyl en Ucrania, así como el aumento en los costos asociados a la seguridad de estas plantas han hecho que esta alternativa esté en duda. Los problemas ambientales de la energía nuclear están asociados a las emisiones de desechos radioactivos y la gravedad de los accidentes. La contaminación radioactiva puede permanecer por millones de años teniendo efectos en múltiples generaciones.

### 6.3 Energía Solar.

La energía solar se manifiesta de diversas formas y su aplicación ha sido fundamental para el desarrollo de la humanidad. La energía solar que recibe nuestro planeta es el resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del sol. De toda la energía que produce ese proceso, nuestro planeta recibe menos de una mil millonésima parte.

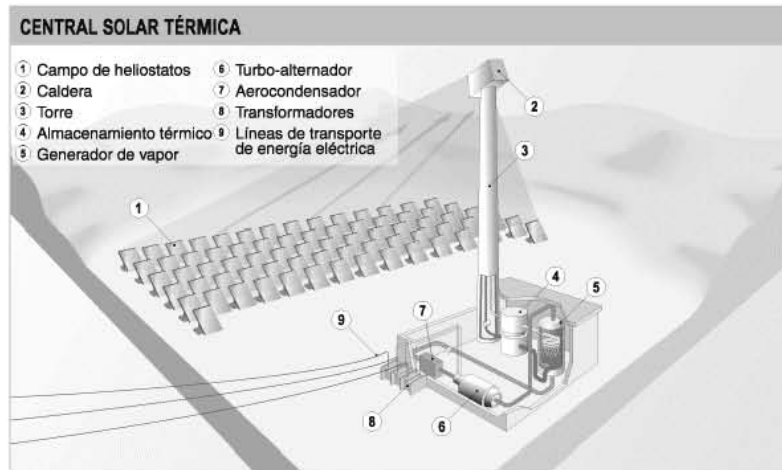
La energía solar se manifiesta en un espectro que se compone en radiación ultravioleta, visible e infrarroja. La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar directamente en electricidad o calor. A su vez, el calor puede ser utilizado directamente como energía para producir vapor y generar electricidad.<sup>66</sup>

Por ejemplo, las celdas fotovoltaicas son placas fabricadas principalmente de silicio. Cuando al silicio se le añaden cantidades relativamente pequeñas de ciertos materiales con características muy particulares, se obtienen propiedades eléctricas en presencia de luz solar: los electrones son excitados por los fotones asociados a la luz y se mueven a través del silicio produciendo una corriente eléctrica; este efecto es conocido como fotovoltaico. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%, por lo que un metro cuadrado puede proveer 150 Watts, potencia suficiente para operar un televisor mediano. Las celdas fotovoltaicas para poder proveer de energía eléctrica en las noches requieren de baterías donde se acumula la energía eléctrica generada durante el día, lo cual encarece su aplicación. En la actualidad se están desarrollando sistemas fotovoltaicos conectados directamente a la red eléctrica, evitando el uso de baterías, por lo que la energía que se genera es usada de inmediato por el usuario que la genera, con la posibilidad de vender los excedentes de electricidad a las compañías generadoras.

Los sistemas solares térmicos pueden clasificarse en planos o de concentración. Los sistemas solares planos o colectores solares planos, son dispositivos que se calientan al ser expuestos a la radiación solar y que transmiten el calor a un fluido. Con el colector solar plano se pueden calentar fluidos a temperaturas de hasta 200° C, aprovechándose para calentar hasta los 75° C. Los sistemas solares de concentración son aquellos que funcionan concentrando la radiación solar directa en un área focal (Figura 6.4). Estos sistemas pueden lograr altas temperaturas.



En México, el desarrollo industrial y comercial de la energía solar se inició a mediados de los años cuarenta con la fabricación de colectores solares planos para calentamiento de agua de uso doméstico. La mayor parte de los colectores planos que se fabrican en nuestro país son de temperatura intermedia (60° a 80 °C). En cuanto a las aplicaciones, éstas se han orientado a la solución de problemas energéticos en el medio rural, en donde los sistemas propuestos son simples y de baja potencia, en aplicaciones como purificación y distribución de agua, secado y conservación de productos perecederos, electrificación de baja potencia, iluminación, telecomunicación, electricidad vía procesos térmicos, bombeo y refrigeración.



**Figura. 6.4** Esquema de una central térmica, aquí la energía solar se aprovecha de dos maneras por colectores solares como energía calorífica y generando también energía eléctrica. Imagen: Wanadoo

El impacto ambiental en una planta termosolar es ocupar una extensión de terreno muy grande. Debido a que estas plantas operan mejor en lugares con buena radiación solar, se emplean en climas semiáridos. En la siguiente tabla se muestra la tecnología disponible en nuestro país, en colectores solares y sus usos son de acuerdo con la empresa Módulo Solar.<sup>60</sup>

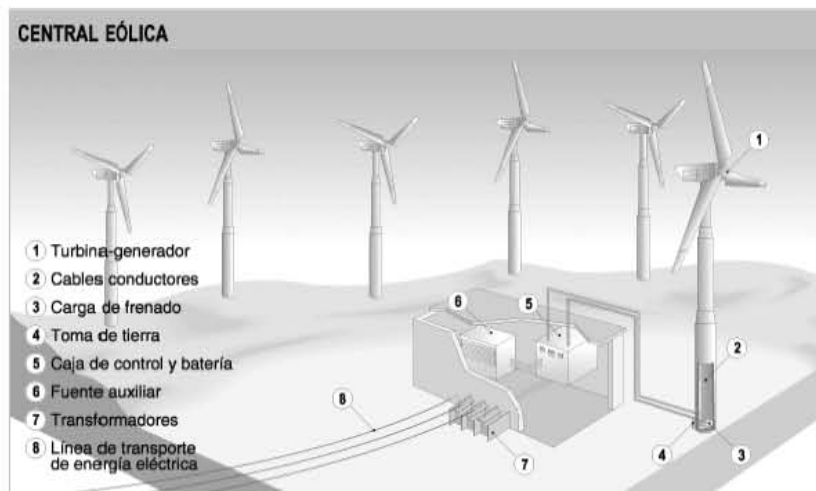
#### 6.4 Energía Eólica.

Los vientos se manifiestan por las diferencias de presión generadas debido a un calentamiento no uniforme de la atmósfera terrestre, desplazándose grandes

**Tabla 6.1. TECNOLOGÍA DISPONIBLE DE COLECTORES SOLARES**

| Temperatura | Tipo de colector            | Usos Típicos                            |
|-------------|-----------------------------|---|
| < 40° C     | Colector plástico o desnudo | Albercas, Precalentamiento de agua      |
| 50-55° C    | Colector plano ACAL         | Agua caliente para regaderas, desengase |
| 60-65° C    | Colector p. selectivo HIPER | Agua caliente, lavado, calefacción      |
| 65-90° C    | Colector plano HIPER/TINOX  | Refrigeración, pasteurización, teñido   |
| 110-130° C  | Concentrador CPC            | Cocción, esterilización, refrigeración  |
| 110-300° C  | Tubos de Vacío              | Secado, blanqueado, procesos de vapor   |

cantidades de aire de las zonas de alta presión a las de baja. Aproximadamente el 2% del calor del sol que llega a la tierra se convierte en viento, pero sólo una fracción muy pequeña puede ser aprovechada, parte de estos vientos ocurre a grandes alturas o sobre los océanos, mar adentro. Además, se requieren condiciones de intensidad y regularidad en el régimen de vientos para poder aprovecharlos. Se considera que vientos con velocidades entre cinco y 12.5 m/s son los aprovechables.



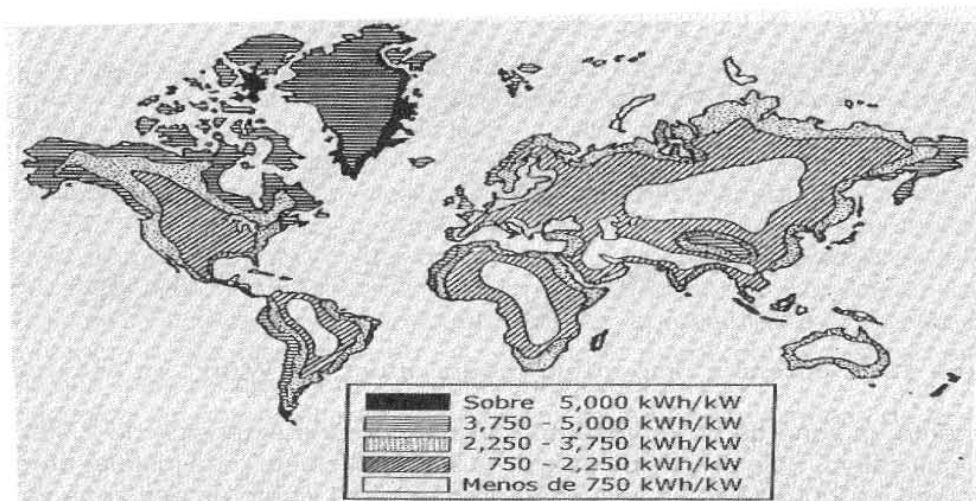
**Figura. 6.5** Esquema de una central eólica. Imagen: Wanadoo.

El viento genera energía cinética (de las masas de aire en movimiento) que puede convertirse en energía mecánica o eléctrica por medio de aeroturbinas, las cuales se componen principalmente por un arreglo de aspas, generador y torre. Las aeroturbinas pueden ser clasificadas, por la posición de su eje, en horizontales

y verticales. La energía eólica tiene la ventaja de ser una energía no contaminante y no necesita agua (Figura 6.5).<sup>7</sup>

La Organización Meteorológica Mundial ha estimado que un poco menos del 1% de la energía eólica se aprovecha en lugares propicios. Actualmente Estados Unidos tiene la mayor capacidad instalada en sistemas conversores de energía eólica para producción de electricidad y cuenta con 122 centrales en operación.

En Europa la energía eólica cubre el 1% de las necesidades de la energía primaria, que corresponde a una sustitución anual de 10 mil toneladas equivalentes de petróleo. En 1998, el sector eólico español dio trabajo directo e indirecto a más de 4.000 personas, en los sectores de promoción, implantación, fabricación, operación y mantenimiento de parques eólicos. El gobierno español espera que en el 2006 el 8% de la energía consumida en España sea renovable, y que en el 2010 llegue al 15%.



**Figura 6.6** Energía del viento disponible en Kwh/año obtenido por cada kW de capacidad nominal instalada. Fuente: *Alternativas energéticas, 1985*.<sup>7</sup>

En nuestro país, los lugares donde se cuenta con el recurso son: La Ventosa, Oaxaca; Veracruz, Veracruz; La Virgen, Zacatecas; Pachuca, Hidalgo; San Quintín, B.C; Mazatlán, Sinaloa. Particularmente, la zona de la Ventosa en Oaxaca con una extensión de 2 000 km<sup>2</sup> tiene un potencial eólico significativo. El recurso eólico en

México puede aprovecharse para bombeo de agua y generación de energía eléctrica.

El impacto ambiental aun cuando los sistemas conversores de energía eólica son tecnologías limpias, una instalación de gran tamaño produce alteraciones del medio físico y socioeconómico. Las alteraciones del medio físico sólo afectan a la superficie ocupada y zonas colindantes, mientras que las del medio socioeconómico suelen afectar a escala local y regional.

### **6.5 Energía proveniente de la Biomasa.**

Biomasa es un término referido a cualquier producto biológico y cuyo propósito es convertirla en energía útil. Incluye a la madera, los productos vegetales, animales y todo tipo de residuos orgánicos. La fuente de energía en la biomasa es el material orgánico formado por los seres vivos.<sup>24</sup>

#### **PRODUCTOS DE DESECHO.**

Los subproductos de plantas de proceso que sean susceptibles de ser quemados pueden ser valiosos como combustibles. Sin embargo en algunos casos resultan más costosos que los combustibles convencionales.

Los desechos o subproductos combustibles más comunes son los gases de horno de descomposición térmica, el desecho de la caña de azúcar y los desperdicios de la madera. Se han hecho varias aplicaciones interesantes de productos de desecho como combustibles.

La abundancia de la biomasa para fines energéticos es relativa, pues tiene otros usos importantes entre los cuales se encuentra el servir de alimento, como fertilizantes, mejorador de suelos, ser material para la construcción y producir textiles. El potencial de la biomasa a escala mundial se estima en 10 veces el uso mundial de energía. El contenido energético almacenado en la biomasa equivale a

las reservas probadas de combustibles fósiles y representa unos 130 años de fotosíntesis neta.

Actualmente del 6% al 15% del consumo mundial total de energía proviene de la biomasa. La mayor parte corresponde a la quema de leña y carbón vegetal, que generalmente ocurre en las comunidades rurales de los países en desarrollo para consumo doméstico.

Los procesos de fermentación de alcohol y su destilación son conocidos y empleados por las sociedades humanas desde la antigüedad para la producción de vinos y aguardientes. A través de este mismo proceso es posible obtener etanol, un alcohol que se emplea actualmente como combustible en la sustitución de la gasolina o mezclado con ella, y como insumo en la obtención de productos químicos (vitaminas, antibióticos, solventes y otros). La caña de azúcar, el sorgo dulce, las frutas y la remolacha son los cultivos más fácilmente convertibles en etanol; los azúcares base de la fermentación se obtienen con pretratamientos suaves tales como prensado, corte o lavado de los cultivos. Los procesos de fermentación tienen una eficiencia de conversión muy alta, ligeramente superior al 85%. El uso intensivo del etanol puede ser motivado por su habilidad para sustituir a la gasolina o utilizarlo como componente oxigenante de la gasolina y antidetonante principalmente de dos maneras.<sup>72</sup>

1.- En vehículos de gasolina (90% gasolina y 10% etanol en volumen) gasoil, esto se practica sin ninguna modificación al motor.

2.- Etanol como sustituto de la gasolina. Una mezcla de 85 % etanol y 15% gasolina (E85) es un combustible viable para vehículos ligeros, éstos pueden operar con cualquier proporción de etanol mezclado con gasolina, teniendo como límite 85%. Algunos autobuses y camiones con la adecuada modificación a sus motores diesel, pueden operar con etanol casi puro.

Un ejemplo de la aplicación del etanol se encuentra en Brasil, donde gran parte de los automóviles queman este biocombustible mezclado con gasolina en una proporción de 60% y 40% respectivamente.

En el proceso de biometanación, desperdicios orgánicos o biomasa con alto contenido de humedad se alimentan a un recipiente llamado digester biológico. Por la acción de microorganismos adecuados, la materia orgánica se transforma en biogás (una mezcla de bióxido de carbono y metano), que puede aprovecharse como combustible, produciéndose además lodos residuales que se emplean como mejoradores de suelos o fertilizantes.



**Figura 6.7** Central biomasa quema combustible tipo orgánico para producir vapor de agua, el cual mueve una turbina que es conectada a un generador, produciendo electricidad. Imagen: Wanadoo.

El biogás también se produce en rellenos sanitarios, que contienen gran proporción de desechos orgánicos húmedos y en donde existen las condiciones adecuadas para que proliferen las bacterias anaerobias que al digerir estos desechos producen el metano y el bióxido de carbono en el interior del relleno. Por ejemplo, un relleno sanitario de la Ciudad de México con 5.6 millones de toneladas

de residuos sólidos produce suficiente biogás para alimentar una planta de 5 MW de capacidad para operar durante 10 años.

### **Conclusión.**

Durante años se ha manejado la quema de combustibles fósiles, los países en desarrollo implementan tecnologías para contaminar "menos". El uso de fuentes alternas de energía, requieren un enorme gasto y la modificación de toda la infraestructura que algunas economías no pueden costear.

Un ejemplo clave es el uso de energía en la Unión Europea, el 41% depende de petróleo, el 22% del gas natural, el 16% de combustibles sólidos, el 15% de energía nuclear y el 6% de energías renovables. De esta generación de energía, el 50% depende de importaciones de recursos energéticos, principalmente del Medio Oriente y de Rusia, debido a la demanda. Se estima que para el año 2030, dependa del 70% de las importaciones.

Ante esta preocupación, la Unión Europea tiene como objetivo: "Alcanzar en 2010, una penetración mínima del 12% de las fuentes de energía renovables". Con el propósito de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> una reducción de la dependencia energética, el desarrollo de la industria nacional y la creación de empleo. Dentro del uso de energías renovables que se tiene en mente es impulsar las investigaciones para el desarrollo de la energía eólica y la energía nuclear.

Aunque en México la energía geotérmica es muy utilizada, no se refiere a ésta como energía alterna para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que no se considera como tal, pues emite una gran cantidad de vapor. Como se indicó en el primer capítulo este gas aunque no es un contaminante, las emisiones de vapor en grandes cantidades contribuyen al calentamiento global.

Lo viable para implementar las energías alternas sería hacerlo poco a poco en proyectos que quizá lleven años. La principal desventaja de utilizar sólo fuentes de energías alternas en México es el desplazamiento del uso de combustibles fósiles, afectando directamente la economía del país.

En la industria se puede utilizar energía alterna para: generar electricidad para usos múltiples (minihidráulica, eólica, fotoceldas), para precalentamiento de agua y de otros fluidos (colectores solares planos y de concentración), en procesamiento de alimentos (colectores solares planos y de concentración).

Hasta ahora se ha visto como se generan las emisiones de gases de efecto invernadero y como disminuirlas, sin embargo si no se tiene un control de éstas, para lograr su estabilización, los seres vivos que habitan el planeta se enfrentarían a cambios ambientales severos. En el siguiente capítulo se exponen las consecuencias futuras en caso de no controlar el aumento de emisiones de GEI.



## **CAPITULO 7. FUTUROS RIESGOS.**

Si no se toma conciencia de la importancia de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante las alternativas mencionadas en capítulos anteriores, se presentará un desequilibrio en el planeta, causando desastres meteorológicos, desaparición y migración de especies, cambios irreversibles en los ecosistema, afectando la salud humana.

Científicos investigan las predicciones acerca de las tendencias en el aumento de concentración de los gases de efecto invernadero debido a la actividad humana, en caso de no ser controlados.

En este capítulo se plantean los cambios que se han manifestado y ocurrirán a medida que no disminuyan las emisiones de gases de efecto invernadero, incrementándose los acontecimientos debidos al calentamiento global, como:

- Aumento de temperatura de la tierra.
- Deshielo de polos,
- El aumento del nivel del mar y
- Cambios en el clima.

Los datos que se manejan en este capítulo son simulaciones calculadas por científicos del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, publicadas en el tercer informe de evaluación, Resumen de síntesis: 2001.<sup>20</sup>

### **7.1 Modelos que predicen el cambio climático.**

Para conocer la evolución del clima es necesario representar todos los sistemas que ejercen algún tipo de influencia sobre él. Existen programas de investigación sobre el cambio climático, la disminución del ozono, el uso de recursos y la biodiversidad; iniciándose en la década de los ochenta. Estos programas son

apoyados por instituciones nacionales e internacionales dedicadas a esta problemática.

Su objetivo es realizar un modelo global que permita predecir los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan la tierra. Con estos modelos se puede repetir y controlar una especie de experimento global, haciéndolo funcionar en sus ordenadores varias veces, cambiando los diferentes parámetros.

Los científicos han comprobado las ventajas de los datos obtenidos por satélites y los modeladores del clima para comprender la importancia del cambio climático.

Investigadores de la atmósfera que colaboran en el programa TOGA (Tropical Oceans and Global Atmosphere), desarrollaron un modelo que realiza predicciones del fenómeno climático periódico del Pacífico llamado "El Niño". Sus previsiones de alteraciones en las precipitaciones ayudan a los agricultores a ajustar sus planes de cultivo, estas predicciones han sido posibles al usar un modelo computacional.

Los primeros modelos utilizados para las predicciones fueron los llamados Ur, este método se basa en dividir la atmósfera en capas, cada capa generada contiene una malla de celdas en tres dimensiones. Posteriormente se introducen en cada celda datos de temperatura, presión y ecuaciones que expresan cómo podrían variar estos datos según las condiciones generales y los datos de las celdas vecinas. Estos modelos son útiles para predicciones del clima a corto plazo. Sus sucesores han sido los actuales GCM (Global Circulation Models). Estos nuevos modelos procesan mayor información de datos, cada vez más amplia, mediante una red de satélites y estaciones de control remoto.<sup>53</sup>

Otro modelo climático es el Community Climate Model del NCAR (National Center for Atmospheric Research, Boulder, en Colorado), su última versión es el CCM-3; cuenta con el desarrollo de más de diez años. En este modelo se

representan las variables que simulan el comportamiento de los diversos componentes (la temperatura, la presión, la precipitación, etc.) en cada punto del planeta. Para calcular la variación de éstas se utilizan las leyes de la física, conservación de momento, materia y energía.

En el modelo CCM-3 se representan 128 divisiones en la dirección longitudinal (este-oeste) y 64 divisiones en la dirección latitudinal (norte-sur), lo que representa un total de 8,192 cajas. El CCM-3 utiliza 26 variables sobre cada una de estas cajas para las que se deben realizar los cálculos necesarios en cada paso temporal de 20 minutos, lo que al realizar todos los cálculos sobre estas variables hace posible una simulación típica de 10 años.

Como aplicación del modelo CCM-3, se realizaron dos experimentos para estudiar la respuesta climática a cambios provocados por las actividades del hombre. El primero de los estudios analiza las consecuencias del aumento en las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera. En el segundo estudio se analizó la respuesta a la deforestación amazónica.

Otro método utilizado es el Registro de Superficie, que comprende el promedio de miles de termómetros en todo el mundo, registrando las temperaturas en cajas de color blanco, con persianas de ventilación, llamadas "Pantallas Steveson". Las cajas están generalmente montadas a un metro del suelo.

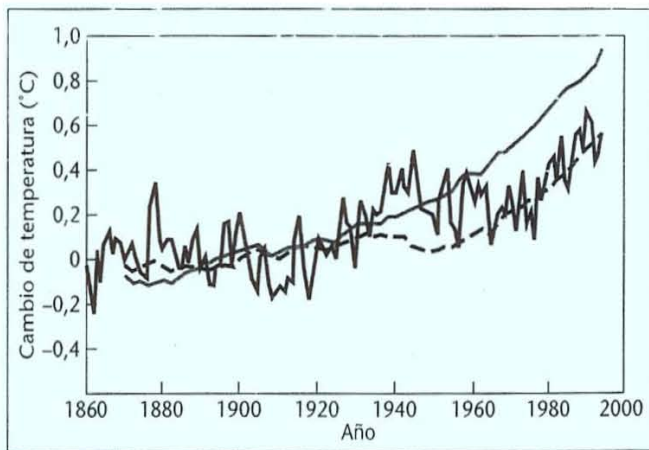
Las temperaturas marinas se obtienen de información lograda en los barcos. Las mediciones de temperatura de la atmósfera marina se realizan en Pantallas Stevenson montadas cerca del puente del barco, mientras que las temperaturas superficiales del agua oceánica utilizan entradas de agua en el casco de la embarcación.

El Instituto Goddard de Estudios Espaciales, de la NASA (GISS-NASA Goddard Institute for Space Studies), y el Climatic Research Unit(CRU) en la Universidad de East Anglia en Gran Bretaña, se encargan de compilar estos datos estadísticamente.

Mientras que el 'registro de superficie' muestra que el calentamiento global de un aumento de  $0.5^{\circ}\text{C}$ , el registro de los satélites muestra una tendencia diferente, menor a  $0.1^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, se puede usar el modelo para predecir cambios en los climas actuales y después compararlos con los que se dan en la realidad, pero nadie asegura que un modelo que funcione bien en la actualidad lo hará también en el futuro.

## 7.2 El aumento de la temperatura.

A causa del calentamiento global debido a la intensificación del efecto invernadero y a la actividad humana, los ciclos periódicos de calentamiento y enfriamiento se han incrementado. Las emisiones de gases de efecto invernadero provocaron que las temperaturas globales del aire en el mundo se incrementaron durante el período 1881-2000 de acuerdo a la gráfica de la figura 7.1.<sup>20</sup>



**Figura 7.1** Temperaturas superficiales promedio globales, relativas del período 1880-1920, desde 1860, la línea oscura representa las temperaturas observadas, mientras que las más clara y la punteada representan a las simulaciones computarizadas de cambio climático debido a los gases de efecto invernadero. Fuente Canadian Climate Center, 1997.<sup>21</sup>

En esta gráfica se observa que durante el período de 1860 hasta el año 2000, la temperatura ha ido cambiando gradualmente. Haciendo un análisis se observa que la temperatura en el planeta ha aumentado hasta en 0.6 °C.

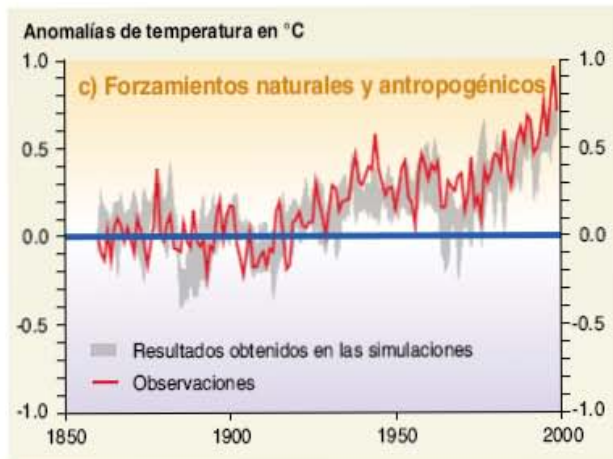
Estos cambios en la temperatura inducen a que las poblaciones que sufren inviernos intensos cada año, se alegrarán del clima más caluroso asociado al efecto invernadero intensificado. En los siglos XI y XII se produjo un aumento de la temperatura global del planeta de sólo 0.5 °C respecto a la actual, que fue suficiente para permitir cultivar terrenos en la costa de Groenlandia, florecer viñedos en extensos terrenos de Inglaterra y permitir a los vikingos viajar por el Atlántico Norte y establecerse en nuevas tierras.

En Alaska y en Canadá la temperatura media ha aumentado un grado por década, resultando un aumento gradual de la fecha más temprana de la última helada y un incremento del deshielo del permafrost.

Desde el final de la glaciación, las temperaturas se han ido incrementando progresivamente, en ciertos períodos algo más fríos. En los años 70 durante el período de frío relativo, la teoría más aceptada era la del enfriamiento global que llevaría a una nueva glaciación. Se pensaba que la contaminación impedía la radiación del sol a la tierra. La década de los 80 fue de las más húmedas en altitudes más septentrionales. Hay evidencias de que el calentamiento se está produciendo a partir del aumento del nivel del mar, el blanqueo de los arrecifes de coral y las retirada de los bloques de hielo y glaciales.<sup>1</sup>

**El IPCC** ha demostrado que la mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años se le atribuye a la actividad humana. Estos estudios toman en cuenta las señales antropogénicas producidas por aerosoles de sulfato y otros efectos naturales, como: volcanes y radiación solar. Las simulaciones y

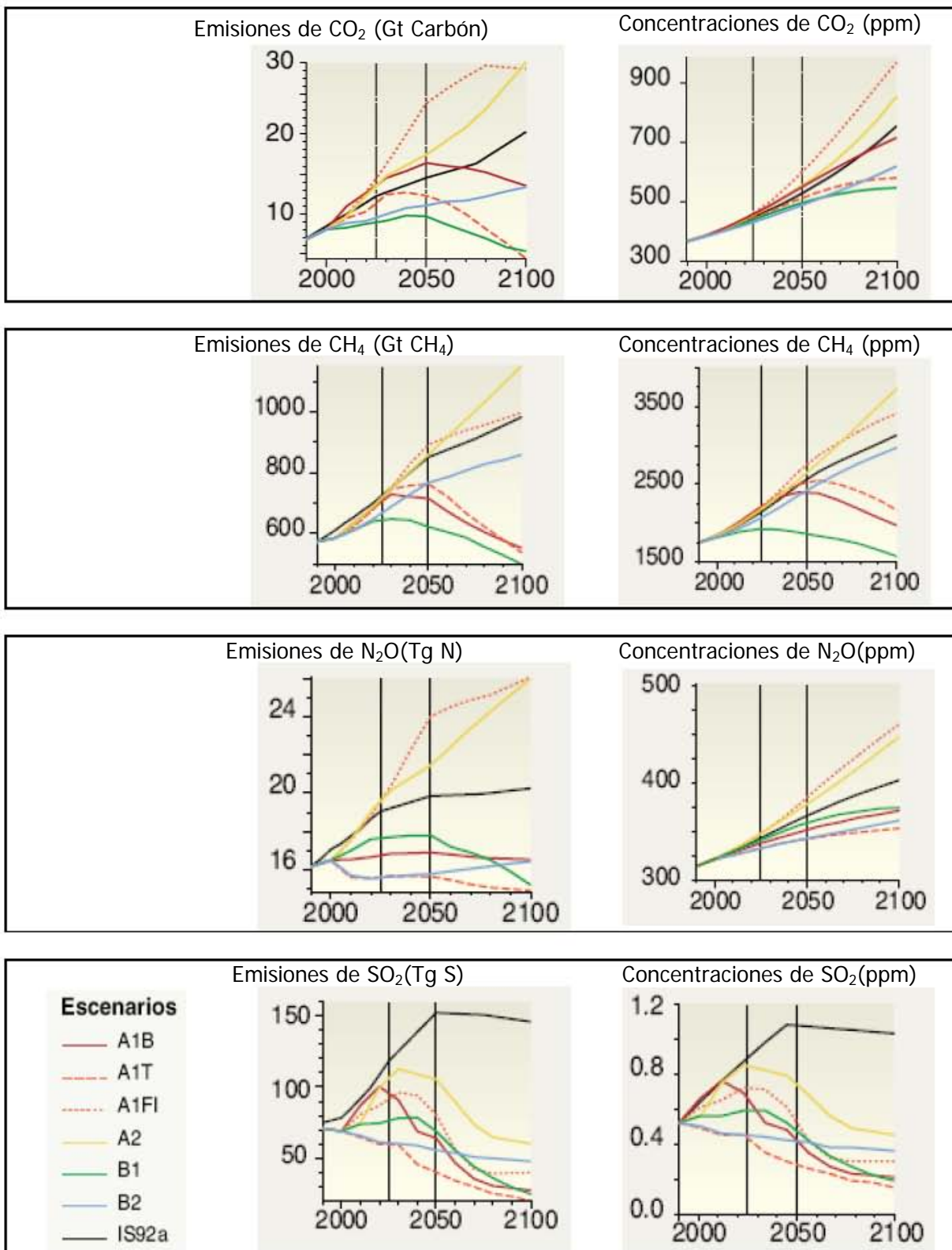
observaciones durante los últimos 140 años se encuentran en la figura 7.2 cuando se combinan todos los factores naturales y antropogénicos.



**Figura 7.2** Simulación de la variación de la temperatura. La comparación de los resultados con los cambios registrados permite comprender mejor las causas que producen los principales cambios. Fuente IPCC, Resumen de síntesis, Cambio Climático 2001. Figura 7-4.<sup>20</sup>

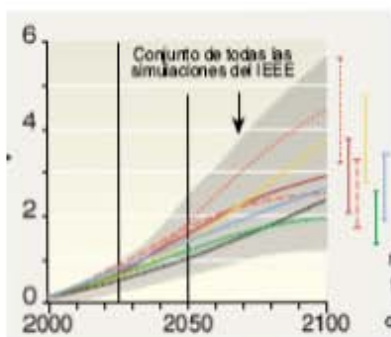
Esta gráfica muestra que en las simulaciones hechas en estos estudios, los cambios han sido similares a los reales, aunque se pueden observar que los incrementos de temperatura han sido más grandes en la realidad que en la simulación.

Las proyecciones que utilizan los Escenarios de los Estudios de las Emisiones de Efecto Invernadero (IEEE), tienen una gama de simulaciones climáticas, dan como resultado un aumento de temperatura media de la superficie del planeta de 1.4 a 5.8 °C en el período de 1990–2100. Esta cantidad es de dos a diez veces superior al valor central del calentamiento observado durante el siglo XX, las mayores temperaturas proyectadas y la gama más amplia se deben principalmente a las emisiones de SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre), proyectadas en los escenarios del IEE. Durante los períodos 1990 a 2025 y 1990 a 2050, los aumentos proyectados son de 0.4 a 1.1 °C y 0.8 a 2.6 °C, respectivamente. En la figura 7.3 se muestran las emisiones que alteran las concentraciones de dichos gases y aerosoles en la atmósfera, la evaluación de los impactos se fundamenta en simulaciones climáticas.<sup>20</sup>



**Fig. 7.3** Gráficas correspondientes a las emisiones y concentraciones del período 2000-2100, en diferentes escenarios.

A1 corresponde un mundo con rápido crecimiento económico y una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficaces, se divide en tres escenarios FI, con alto coeficiente de combustibles fósiles; T, fuentes de energía no derivada de combustibles fósiles y B, un equilibrio en todas las fuentes (introducción de nuevas tecnologías y antiguas). El escenario A2 corresponde a un desarrollo económico que se encuentra orientado principalmente hacia las regiones y el crecimiento económico *per capita* y el cambio tecnológico se encuentra más fragmentado y es lento, hay un aumento constante de población. B1 corresponde un mundo convergente y la misma población mundial, que alcanza su punto máximo a mitad de siglo, este escenario hace hincapié en encontrar soluciones globales a las cuestiones de sustentabilidad económica, social y ambiental, sin contar con iniciativas climáticas adicionales. B2 describe una situación en donde pone énfasis en las soluciones locales para la sustentabilidad económica, social y ambiental, indica un mundo en que la población mundial aumenta constantemente, se orienta a la protección ambiental y la equidad social. El escenario IS92, representa a los escenarios del IEEE (Informe especial sobre Escenarios de Emisiones), estos no incluyen iniciativas climáticas adicionales ni la probabilidad que se produzcan, las simulaciones climáticas tienden a basarse en escenarios de cambios climáticos en equilibrio, aquí los impactos pueden afectar las vías de desarrollo socioeconómico, a través de la adaptación y la mitigación. Fuente Resumen de Síntesis Tercer informe de Evaluación 2001, IPCC.<sup>20</sup>

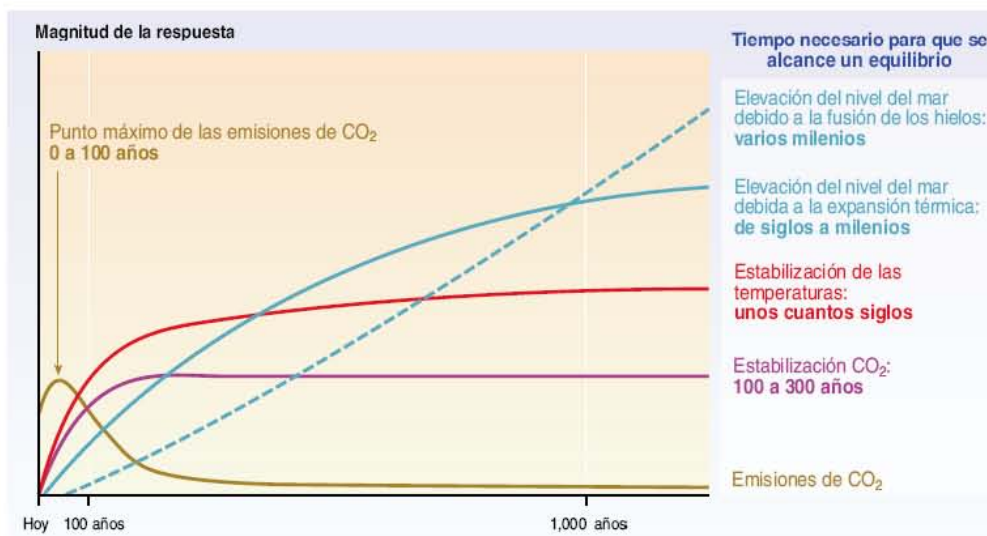


**Fig. 7.4** Simulación sobre los distintos escenarios del cambio de temperatura derivado de las emisiones de gases de efecto invernadero, correspondientes al período 2000-2100. Las barras muestran la gama en el año 2100 obtenida por varias simulaciones. Fuente Resumen de Síntesis Tercer informe de Evaluación 2001, IPCC.<sup>20</sup>

En un futuro la estabilización de emisión de gases de efecto invernadero, principalmente el CO<sub>2</sub>, en niveles actuales no lleva a una estabilización de la concentración atmosférica de dicho gas. Cuanto más bajo sea el nivel para la estabilización, más pronto deben comenzar las reducciones de estas emisiones, como se muestra en la figura 7.5.

Después de reducirse las emisiones de CO<sub>2</sub> y de que se estabilicen las concentraciones atmosféricas, la temperatura de la atmósfera en la superficie terrestre seguirá incrementándose lentamente durante un siglo o más.





**Fig. 7.5** Esta simulación muestra que al estabilizarse la concentración de CO<sub>2</sub>, las temperaturas y el nivel del mar seguirán aumentando aún después de reducirse las emisiones de CO<sub>2</sub>. Fuente Resumen de Síntesis Tercer informe de Evaluación 2001, IPCC.<sup>20</sup>

### 7.3 El deshielo de los polos.

Informes recientes han indicado que la placa de hielo situada en el oeste de la Antártica se ha ido contrayendo drásticamente a lo largo de la segunda mitad del siglo veinte, debido al aumento de la temperatura del aire; hasta ahora, los únicos trozos de hielo que se han desprendido, son aquellos que ya han estado flotando sobre el océano, pero con el tiempo, las placas de hielo podrían estar expuestas y entrar en la aguas oceánicas.



**Figura 7.6** Comparando las fotografías de satélite, el hielo del polo norte ha disminuido dramáticamente los últimos 24 años. Fuente National Geographic, septiembre 2004.<sup>1</sup>

Se proyecta que los glaciares y las capas de hielo continúen disminuyendo durante el siglo XXI. Además se prevé que en el hemisferio norte disminuya más la capa de nieve, el permafrost y la extensión del hielo marino. Es posible que la capa de hielo del polo sur aumente su masa, mientras que la del polo norte la pierda.

Científicos del programa de investigación del cambio global, han analizado que el Parque Nacional en Montana, Estados Unidos; cuando se creó en 1910, albergaba 150 glaciares, sin embargo ahora hay menos de 30.<sup>1</sup>

La Nasa realiza lecturas con altímetros de láser mostrando la disminución de los bordes de la capa del hielo de Groelandia. En las zonas de Alaska el deshielo del Permafrost ha provocado que el suelo se hunda casi cinco metros.



**Figura 7.7** Descongelamiento del mar de Beafor, Alaska, liberando grandes cantidades de metano. Fuente: Nacional Geographic, Septiembre 2004.

En la figura anterior se observa el rompimiento anual del hielo marino de la costa de Alaska. Desde 1978 el área del hielo ártico marino se ha disminuido un nueve por ciento por década, pero su adelgazamiento ha sido más difícil de calcular. Mediante un sonar submarino los científicos documentaron un adelgazamiento del 40% en los últimos 30 años; otros estiman cerca del 15%. Algunos predicen que para el 2100 el hielo podría desaparecer en verano.

Desde el Ártico hasta Perú, desde Suiza hasta los glaciares ecuatoriales de Indonesia; masas planas de hielo, glaciares y hielo marino están desapareciendo con rapidez.

#### **7.4 El aumento del Nivel del mar.**

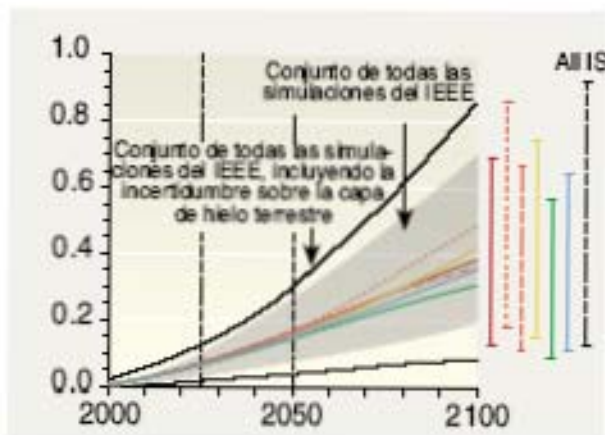
A pesar de que este aumento en el nivel del mar no parece alarmante, hay países como Bangladesh y algunas pequeñas naciones insulares, en donde las zonas habitables podrían inundarse, aumentándose los daños producidos por tormentas tropicales a causa de los mayores niveles del agua del mar. Con el aumento de temperatura actual, en los próximos años, la rápida fusión de las placas de hielo de la Antártica y de Groenlandia, situados sobre el continente, por encima del nivel del mar, existiendo una transferencia a los océanos por rotura de los icebergs, podrían originar un mayor aumento de los niveles del mar.<sup>1</sup>

Se proyecta que el nivel medio mundial del mar se eleve en 0.09 a 0.88 metros, entre los años 1990 y 2100 para los escenarios del IEEA, pero con variaciones según la región. Esta elevación se debe en primer lugar al aumento de la temperatura de los océanos, la fusión de los glaciares y la capa de hielo. Para los períodos de 1990 a 2025 y 1990 a 2050, la elevación proyectada es de 0.03 a 0.14 metros y de 0.05 a 0.32 metros, respectivamente.

Cuanto mayor sean las reducciones de las emisiones, menor y más lento será el calentamiento y la elevación del mar. El nivel del mar y las capas de hielo continuarán respondiendo al calentamiento durante muchos siglos, antes de que se estabilicen las concentraciones de los gases de efecto invernadero. La elevación proyectada en el nivel del mar debido a la expansión térmica, es de 0.5 a 2 metros para una concentración de CO<sub>2</sub> desde el nivel preindustrial de 280 a 560 ppm y de uno a cuatro metros para un aumento de concentración de CO<sub>2</sub> de 280 a 1120 ppm.

El aumento observado en el siglo XX fue de 0.1 a 0.2 metros. La elevación del nivel del mar proyectada, sería mayor si se tuviera en cuenta el efecto del aumento de las concentraciones de otros gases de efecto invernadero.

En las simulaciones evaluadas en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC,<sup>20</sup> se predice una elevación del nivel del mar de varios metros debido a la fusión de las capas de hielo polares y de hielo terrestre, incluso para niveles de estabilización de CO<sub>2</sub> equivalentes a 550 ppm, como se puede observar en la gráfica de la figura 7.5.



**Figura 7.8** Simulación del aumento del mar en los diferentes escenarios en el TIE, Fuente Resumen de Síntesis Tercer informe de Evaluación 2001, IPCC.<sup>20</sup>

Las costas del sur de Louisiana, Estados Unidos, literalmente se están hundiendo aproximadamente un metro por siglo. Tuvalu, una pequeña nación en el Pacífico Sur ha empezado a formular planes de evacuación. En Holanda, la mitad del terreno ya está a nivel del mar o por debajo de éste. En el delta del Nilo, donde se ubican muchos de los cultivos de Egipto, la erosión extendida y la intrusión de sal podrían ser desastrosos, ya que en el país son escasas otras tierras cultivables.<sup>1</sup>

La elevación del nivel del mar no es el único cambio por el que están pasando los océanos de la tierra. Un fenómeno denominado como corriente de transportación oceánica es impulsada por fuertes vientos y diferencias en la

densidad del agua, la cual cambia con la temperatura y salinidad del agua del mar. Son cruciales para enfriar, calentar y regar la superficie terrestre del planeta, así como para transferir calor desde el Ecuador hasta los Polos.

### **7.5 Cambios en el Clima.**

El cambio climático proyectado estima consecuencias ambientales y socio-económicas positivas y negativas, pero cuanto mayor sean los cambios climáticos predominarán los efectos negativos.

Los impactos adversos serán más grandes a mayores emisiones acumuladas de gases de efecto invernadero y sus consiguientes cambios climáticos. Se proyecta que la gravedad y magnitud de los efectos adversos aumente junto con el grado de cambio climático. Aunque en algunas regiones y sectores pueden haber efectos positivos si el cambio climático es escaso, la magnitud de estos beneficios debería disminuir a medida que el cambio climático aumente.

### **7.6 Proyección de cambios en México.**

No se tiene una certeza de cómo se verá afectado el territorio mexicano debido al cambio climático. En el documento "Estudio de país", que coordinó el Instituto Nacional de Ecología a mediados de los años noventa, se presentó un análisis sobre la vulnerabilidad de México ante el cambio climático. Los resultados obtenidos en este estudio indican que México sufra modificación en el régimen de distribución espacial y temporal de la precipitación pluvial, trayendo consigo un aumento en inundaciones, una agudización de las sequías y de los procesos de desertificación del territorio, así como una alteración en la recarga de acuíferos. Otros efectos importantes serían daños a los ecosistemas boscosos del país, tanto por los cambios en el clima como por el incremento de los incendios, lo que a su vez profundizaría los procesos de deforestación y erosión del suelo. Viéndose más afectados los bosques templados, los bosques tropicales y los bosques mesófilos de montaña.<sup>70</sup>

**Tabla 7.1 Cambios proyectados durante el siglo XXI.<sup>20</sup>**

| Cambios proyectados   | Impactos   |
|---|--|
| <p>Temperaturas máximas más altas, más días calurosos y olas de calor en casi todas las zonas terrestres. (muy probable)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de muertes y enfermedades graves en ancianos y la población urbana pobre.</li> <li>• Aumento de problemas producidos por el calor en el ganado y en la fauna silvestre.</li> <li>• Cambio de destinos turísticos.</li> <li>• Aumento de riesgo de daños en cultivos.</li> </ul> |
| <p>Aumento cada vez mayor de las temperaturas mínimas, con menos días fríos, días con heladas y olas de frío en casi todas las zonas terrestres. (muy probable)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la mortalidad producida por el frío.</li> <li>• Disminución del riesgo de daños en algunos cultivos, y aumento del riesgo en otros.</li> </ul>   |
| <p>Aumento de las precipitaciones intensas en muchas zonas. (muy probable)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de los daños ocasionados por inundaciones, deslizamiento de tierra, avalanchas y lodo.</li> <li>• Aumento de la erosión del suelo.</li> </ul>   |
| <p>Aumento de la intensidad máxima de los ciclones tropicales y de la intensidad de las precipitaciones en algunas zonas (probable)</p>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de epidemias infecciosas y muchos otros tipos de riesgos.</li> <li>• Aumento de la erosión costera y daños en edificios infraestructura en las costas.</li> <li>• Aumentos de los daños en ecosistemas costeros, tales como arrecifes de coral .</li> </ul>                     |

Tabla 7.1 cont.

| Cambios proyectados   | Impactos   |
|---|--|
| Aumento de las sequías e inundaciones asociadas con “El niño” en varias zonas. (Probable) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la productividad agrícola y ganadera en regiones propensas a sequías o inundaciones</li> <li>• Disminución de potencial de energía hidroeléctrica en zonas propensas a las sequías.</li> </ul> |
| Aumento de la variabilidad en precipitaciones monzónicas en Asia. (probable)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la magnitud de las inundaciones y sequías en zonas templadas y tropicales de Asia.</li> </ul>  |

El cambio más grave en el clima que cada año se ve afectado son sequías muy intensas al norte del país y animales del ganado muriendo de sed, además de las intensas lluvias causantes de inundaciones y provocando infecciones a los sectores menos protegidos.

Al aumentar el cambio climático aumentarán los peligros para la salud humana, sobre todo en la población con menores recursos económicos. Afectados directamente por fenómenos relacionado con el frío en los países cálidos, pero un aumento de los problemas por el calor; pérdida de vidas humanas por inundación y tormentas e indirectamente por enfermedades transmitidas, la calidad del agua, del aire, la disponibilidad y calidad de los alimentos.

Los impactos reales sobre la salud estarán influidos por las condiciones ambientales locales y las circunstancias socio-económicas, por las opciones de adaptación sociales, institucionales, tecnológicas y de comportamiento para disminuir la amenaza a la salud. Como se perciben los últimos acontecimientos presentados en el país con las inundaciones debidas al Huracán Stan que afectó a

más de cinco estados de la República, las costas de Guatemala y El Salvador que ocasionaron graves daños a la población.

### **Conclusión.**

Este es sólo un ejemplo de los problemas causados por el calentamiento global, ya que año con año esos fenómenos aumentarán su intensidad y con ello su devastación, perturbando el nivel económico, social y el bienestar de la población. Como también la pérdida total de ecosistemas, flora y fauna de las regiones afectadas.

Otro ejemplo de los cambios presentados como consecuencia del calentamiento global en el planeta son los glaciares del Himalaya en la India, derritiéndose rápidamente. Algunos investigadores creen que para el 2035 la mayoría de los glaciares centrales y orientales podrían desaparecer. El hielo marino del Polo Norte ha adelgazado significativamente en el último medio siglo y su extensión se ha reducido un 10% en los últimos 30 años.

El calentamiento global genera un círculo de efectos provocados por el aumento de la temperatura, que involucra el deshielo de los polos, provocando el aumento y enfriamiento de los océanos causando cambios en el clima.

Estas proyecciones llevan a recapacitar sobre la importancia que tiene la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, en los sectores que involucran la actividad humana y la importancia de controlar este cambio.



## **CAPITULO 8. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES GENERALES**

En el proceso de desarrollo de la tesis presente, se concluye que al aumentar “la calidad de vida” inconsciente o concientemente, se genera un aumento excesivo de emisiones de bióxido de carbono principalmente, permitiendo que se concentre en la atmósfera y provocando el calentamiento global del planeta, sin excluir al resto de los gases de efecto invernadero.

El nivel de vida involucra que sectores de transporte, energético e industrial, influyen al problema de contaminación que afecta a los seres vivos que habitan en el planeta; año con año, la necesidad de hacer uso de estos sectores provoca el aumento de contaminación, en los principales ecosistemas como el aire, agua y suelo.

La contaminación del ambiente es un grave problema y causa efectos, como el incremento de la temperatura global del planeta, causando el cambio climático que a su vez trae consecuencias irreversibles, como el deshielo de los polos, provocando el aumento del nivel del mar y enfriándolo, cuyos cambios en el clima desembocan en un desequilibrio en todos los ecosistemas, sobre todo desastres naturales como: inundaciones, huracanes (como el Katrina y el Stan), sequías, lluvias intensas, produciendo epidemias y enfermedades.

El calentamiento global es causado por las emisiones de algunos gases conocidos como efecto invernadero que impiden que la radiación de la tierra hacia la superficie se disipe en todo el planeta, almacenando calor en la atmósfera y provocando el aumento de temperatura en él. Estos gases son el bióxido de carbono, el metano, vapor de agua, clorofluorocarbonos, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, ozono, aerosoles, entre otros, indicados en el protocolo de Kyoto.

Estos gases tienen cierto efecto en el aire provocando el efecto invernadero, unos con mayor intensidad que otros. Las emisiones de bióxido de carbono, son

tantos que inducen a que la concentración de este gas en el aire aumente y acelera el calentamiento global.

Para dar un seguimiento a las emisiones en México, se realizan inventarios de emisiones publicados por la SEMARNAT, los cuales indican que las emisiones de dichos gases son causadas principalmente por la quema de combustibles en el transporte, en la generación de energía y en los procesos industriales, como: química, siderurgia, textil, generación de vapor, cementera, de alimentos, automotriz, celulosa y papel, etc. Son algunas de las industrias que emiten gases de efecto invernadero con mayor intensidad.

Las emisiones provocadas por la industria se deben principalmente al uso de combustibles fósiles, en sus servicios auxiliares, como generación de vapor, generación de gas inerte y sistema de desfogue.

Estos inventarios no sólo se realizan en México, sino en los diferentes países que firmaron y ratificaron los convenios establecidos en el Protocolo de Kyoto, en 1997. Conforme a estos inventarios nacionales e internacionales los expertos indican que este cambio se puede detener, si se controlan las emisiones no sólo de CO<sub>2</sub>, sino de todos los gases de efecto invernadero.

Cada institución encargada del estudio sobre el cambio climático construye sus modelos de acuerdo con la influencia en los cambios respecto a su línea de investigación. Incluso cuando los modelos están de acuerdo en los mecanismos involucrados, muchos de estos factores tienen incertidumbre asociada con ellos.

De estos modelos, se estima que el aumento de aerosoles en la atmósfera compensa el calentamiento global de los gases de efecto invernadero un 40%. Sin embargo, los combustibles fósiles al quemarse, no sólo liberan gases de efecto invernadero, también dióxido de azufre. El dióxido de azufre entra en el aire y se

mezcla con oxígeno para crear partículas de aerosol de sulfato que reflejan la luz solar. Los científicos no están seguros del papel que juegan las nubes en un futuro en el calentamiento global, ya que éstas podrían cambiar o reforzar el calentamiento debido a los gases de efecto invernadero. Por ejemplo, las nubes bajas podrían evaporarse durante las horas del día y las nubes más altas podrían ser la causa del calor en la superficie, subsecuentemente las nubes bajas tienden a reflejar luz del sol y las nubes más altas absorben radiación de calor, el efecto global de estos cambios se deben a un aumento en la cantidad de energía atrapada en la atmósfera, es decir, provocando un equilibrio entre la energía emitida por el sol a la tierra y viceversa.

Hay medidas indicadas en el desarrollo de la tesis, que implementan las industrias para mitigar el aumento de sus emisiones, principalmente de CO<sub>2</sub>. Sin embargo éstas no son suficientes, careciendo de la tecnología apropiada para la disminución de las emisiones de GEI.

También como se mencionó, una de las principales medidas para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> es utilizando energías alternas como la hidráulica, solar, eólica, etc. En nuestro país hay las condiciones favorables para poner en marcha estas alternativas, pero aún gran parte de la generación de energía es por quema de combustibles fósiles.

Con el desarrollo de nuevas fuentes de energía se plantea una alternativa para controlar el aumento de emisiones de GEI, sin embargo en México aún no se explotan lo suficiente como para sustituir completamente la quema de combustibles fósiles, ya que el desplazamiento total de la fuente de energía proveniente del petróleo provocaría una crisis económica en nuestro país.

Para tomar conciencia de los cambios a los que se presentarán en los próximos años y como poner freno al aumento de temperatura en el planeta y evitar

desastres naturales de mayor peligro a los que se han presentado, se debe informar y difundir a la población en general, sobre esta problemática. Nueve de cada diez personas no conocen la problemática de calentamiento global, es lógico que no sepan cómo prevenir este cambio.

Exhortando a los medios de comunicación a informar de manera precisa y con mayor difusión, a través de comerciales, documentales, una sección en un noticiero relacionado con el clima, con el objetivo de llamar la atención de la audiencia y promover el interés sobre la problemática del cambio climático.

Como también, implementando campañas escolares desde nivel básico, sobre los recursos naturales, la contaminación, el cambio climático, las causas que la originan así como los cambios en los próximos años a causa del calentamiento global y como poder evitar las emisiones de los gases de efecto invernadero. A nivel facultad crear carteles, trípticos, conferencias, seminarios, talleres; que informen a la comunidad estudiantil sobre este problema.

Una vez conociendo las causas y los medidas preventivas, se actúa a nivel individual. Dentro de las acciones que se pueden realizar para disminuir poco a poco las emisiones de gases de efecto invernadero, están:

- En casa: Ahorrando energía eléctrica, cambiando focos convencionales por focos de luz fluorescente, desconectar los electrodomésticos cuando no se utilicen, durante las noches mantener encendidos la menor cantidad de focos. Ahorrando gas para calentar agua y para cocinar (observar que la flama sea de color azul, ya que existe una mejor combustión), utilizar gas natural en lugar de leña o carbón, evitar el uso de solventes, no quemar basura.
- En el trabajo: Utilizando con menor frecuencia el automóvil, mantener en buenas condiciones la maquinaria y equipo.

- En general: Informando del uso de energías alternas en nuestro hogar, como colectores solares. Utilizando menor cantidad de productos químicos que su proceso influye en la emisión de gases de efecto invernadero

La SEMARNAT, junto con el Instituto encargado de la Normalización en México, han realizado actividades para difundir este tema a todos los empresarios del país y exhortarlos a adoptar las medidas necesarias para disminuir sus emisiones e implementar las normas ISO, encargadas del cambio climático. Sin embargo estos esfuerzos no han sido suficientes debido a que sus programas carecen de una planeación adecuada para captar el interés hacia este tema, perdiendo el mismo por adoptar nuevas medidas que controlen las emisiones, siendo para ellos un gasto excesivo e insuficiente para su empresa, que no retribuyen a su producción.

La iniciativa privada y el gobierno deberán de actuar analizando su fuerte participación en la mejora del ambiente a todos los niveles, considerándolo como una oportunidad para invertir y pensando en los beneficios que esto acarrea tanto para fuentes de empleo como a lo básico que es mejorar la calidad de vida para hoy y para el futuro.

Como Ingenieros Químicos, se debe encausar el conocimiento científico y tecnológico en la aplicación de las medidas adecuadas a la disminución de las emisiones de GEI, que contribuyen al calentamiento global, generadas por el sector que corresponde. Con ello difundir y reflexionar en primera instancia, a todas las instituciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1) Appenzeller, Tim y Dennis R. Dimick. Calentamiento Global: Informes de un planeta más caliente. National Geographic en Español, septiembre 2004. México DF. pp. 2- 75.
- 2) BAIRD Colin, Química Ambiental, Editorial Reverté, México DF, 2001.
- 3) BRAVO H., Saavedra I., Rodríguez J., Tirado Torres J. Impacto Ambiental en la Calidad del Aire inducido por la Actividad Industrial. Congreso Nacional de La Ingeniería Sanitaria y Ambiental, México DF, 1986, pp 323-331.
- 4) BUCAY Benito, Apuntes de la Historia de la Química Industrial en México. Revista de la Sociedad Química de México. Vol. 45 No. 3., México DF, Julio-septiembre 2001.
- 5) CAMPOS Aragón Leticia, La electricidad en la Ciudad de México y área Conurbana, Editorial Siglo veintiuno, México DF, 2005.
- 6) CANTÚ Martínez Pedro César, Contaminación Ambiental, Editorial Diana. México DF, 1992.
- 7) CONCHEIRO, Alonso y Rodríguez Viqueira Luis. Alternativas Energéticas. CONACYT y Fondo de Cultura Económica, México DF, 1985, pp 586.
- 8) COSS León Wendy. ECODIR. Directorio Ambiental, 3W, México DF, 2004, pp 61-83.
- 9) ELIAS Javier. Reciclaje de Residuos. Barcelona, 2000, pp. 363-373.
- 10) Entrada en vigor del Protocolo de Kyoto. Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, México DF, Mayo 2005, No. 152.
- 11) ESPINOZA Oscar, César Camacho, Julia Carabias y Juan Ramón De la Fuente. Programa para mejoramiento de la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000. México DF, 1996.
- 12) FIGURELO Juan y Martín Mariano Dávila, Química Física del Medio Ambiente, Editorial Reverté. México DF, 2001.
- 13) FREEMAN Harry M. Manual de Prevención de la Contaminación Industrial, Editorial McGraw-Hill, México DF, 1998.
- 14) Gerencia de protección ambiental y seguridad industrial, Norma de seguridad para drenajes en las áreas industriales de PEMEX refinación. PEMEX-REFINACIÓN, México DF., enero 1999.
- 15) GOMEZ Camargo Octavio, Instrumentación de los servicios a una planta. Tesis profesional, FESC-UNAM, 1980.

- 16) GORDILLO Santiago David, Salvador Gutiérrez, Cálculo, instalación y especificación de un sistema de desfogue en plantas de proceso, Tesis profesional, FESC-UNAM, 1987.
- 17) HERNANDEZ S. Raul, Estimulación de la capacidad de los servicios auxiliares en una plataforma, Tesis profesional, FESC-UNAM, 1985.
- 18) HUNT Daniel Diccionario de Energía, Publicaciones Morcombo, México D.F – Barcelona, 1984.
- 19) IPCC, Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Mitigación, Accra, Ghana, 2001.
- 20) IPCC, Tercer informe de evaluación Cambio Climático: Informe de síntesis, Wembley, Reino Unido, 2001
- 21) JIMÉNEZ Cisneros Blanca, La Contaminación Ambiental en México, Editorial Limusa, México DF, 2001.
- 22) KIELY Gerard. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entorno, tecnologías y sistemas de gestiones. Mc Graw Hill, Barcelona, 1999.
- 23) MENDOZA Roca Jose Antonio. Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente, Editorial Univerpoliticals, Barcelona, 1998, pp. 63-97.
- 24) NOGUES Sebastián, Javier Royo H. Ciclo de Energías Renovables: Jornadas de Biomasa, Fundación CIRCE, Zaragoza, 2002.
- 25) Organización Panamericana de la Salud. Crónicas del Desastre: Fenómeno del Niño 1997-1998, Washington D.C. 2000.
- 26) Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010, SEMARNAT, Gobierno del Distrito Federal, Estado de México, México DF, 2002.
- 27) RANGEL Sánchez Julieta I. Diseño de una plataforma marina de producción por estimación de paquetes modulares de proceso, Tesis profesional, FESC-UNAM, 1986.
- 28) RASE Howard F. M. H. Barrow, Ingeniería de proyecto: para plantas de proceso, Editorial CECSA, México DF, 1973.
- 29) Secretaria de Energía Las energías Renovables en México y en el mundo, México DF, 2004.
- 30) SEMARNAT Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1994-1998. México, DF, 2000, vol. 1, 3, 4.
- 31) SEONEZ Calvo Mariano, Ingeniería del Medio ambiente. Ecología Industrial. Ingeniería del medio ambiente aplicada a la industria y ala empresa manual responsables del medio ambiente, Editorial Mundi-Prensa, Barcelona, 1998.

- 32) SONS Forfria Ramón y Rivas Juan de Pablo Contaminación y Tratamiento. Ingeniería Ambiental, Editorial Alfaomega. México DF, 1999.
- 33) TREYBAL Robert E. Operaciones de transferencia de masa, Editorial McGraw-Hill, México DF., 1985.
- 34) VARGAS Rosa E, José Galán, Fabiola Martínez, et. al. Cancún yace bajo el agua, Periódico La Jornada, México DF., 22 de octubre de 2005.
- 35) <http://dancancon.tripod.com.mx/dancacon/id11.html>
- 36) <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/GlobalWarming/>
- 37) <http://elnino.cicese.mx/nino.html>
- 38) <http://es.wikipedia.org/wiki/NOAA-Hurricane-Katrina.html>
- 39) <http://ghg.apl.org>
- 40) <http://ine.gob.mx/ipcc.htm>
- 41) [http://ipieca.org/downloads/climate\\_change/GHG\\_Reporting\\_Guidelines.pdf](http://ipieca.org/downloads/climate_change/GHG_Reporting_Guidelines.pdf)
- 42) <http://mx.geocities.com/andylumi/calentamientoglobal.htm>
- 43) [http://nic.fb4.noaa.gov:80/products/analysis\\_monitoring/bulletin\\_old/forecast.html](http://nic.fb4.noaa.gov:80/products/analysis_monitoring/bulletin_old/forecast.html)
- 44) <http://revista.consumer.es/web/es/19991101/medioambiente/>
- 45) <http://smn.cha.gob.mx/producto/nino/cdesnino.html>
- 46) <http://unfccc.int>
- 47) <http://www.aetalbasolar.com/info/eolca.htm>
- 48) [http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/comp\\_est/cap\\_1.html](http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/comp_est/cap_1.html)
- 49) <http://www.club.telepolis.com/clima/postgla.html>
- 50) <http://www.club.telepolis.com/geografo/calentam.html>
- 51) <http://www.conae.gob.mx/wb/distribuidor.jsp?seccion=2048>
- 52) <http://www.conocimientosweb.net/portal/article359.html>
- 53) <http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecología/Hipertexto/10Catm1/100ConAt.htm> y [/10Catm1/358Art.Mod1.htm](http://www.esi.unav.es/asignaturas/ecología/Hipertexto/10Catm1/358Art.Mod1.htm)
- 54) <http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/es/lvb/l27018.htm>
- 55) <http://www.gees.org/artículo/15226/29>
- 56) <http://www.ipc.ch/pub/un/syrspanish/spm.pdf>



- 57) <http://www.jmarcano.com/recursos/contamin/catmost.html>
- 58) <http://www.lfc.gob.mx/capacidad.htm>
- 59) <http://www.mct.gov.br/clima/espan/quioto/signata.htm>
- 60) <http://www.modulosolar.com.mx/>
- 61) <http://www.mrcsp.org>
- 62) <http://www.mural.com/ciencia/articulo/390126/>
- 63) <http://www.ourplanet.com/imgversn/123/spanish/palacio.html>
- 64) <http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/el-nino-story.html>
- 65) <http://www.prodigyweb.net.mx/kronopio/IQIB.htm>
- 66) <http://www.saecsaenergiasolar.com/>
- 67) <http://www.sagan-gea.org/hojared/hoja15.html>
- 68) [http://www.sagan-gea.org/hojared\\_AGUA/páginas/22agua.html](http://www.sagan-gea.org/hojared_AGUA/páginas/22agua.html)
- 69) [http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas\\_2000/informe\\_2000/](http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/)
- 70) <http://www.sermarnat.gob.mx>
- 71) <http://www.solener.com>
- 72) <http://www.vinculando.org/artículos/sequia.htm>
- 73) [http://www.wanadoo/energia-eléctrica\\_7html](http://www.wanadoo/energia-eléctrica_7html)
- 74) <http://www.wwf.es>
- 75) [http://www-leland.stanford.edu/~ekassoy/el\\_nino.html](http://www-leland.stanford.edu/~ekassoy/el_nino.html)