

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



**ESTRATEGIA PARA DIAGNOSTICAR EL DESEMPEÑO
AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DE ARTES GRAFICAS POR
EMISIONES DE COMPUESTOS VOLATILES ORGANICOS A LA
ATMOSFERA**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE ACADEMICO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL

RAFAEL LORENZO PIÑON

VERANO DE 1996

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA



**ESTRATEGIA PARA DIAGNOSTICAR EL DESEMPEÑO
AMBIENTAL DE LA INDUSTRIA DE ARTES GRAFICAS POR
EMISIONES DE COMPUESTOS VOLATILES ORGANICOS A LA
ATMOSFERA**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL**

RAFAEL LORENZO PIÑON

VERANO DE 1996

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY**

DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION

PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

**ESTRATEGIA PARA DIAGNOSTICAR EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA
INDUSTRIA DE ARTES GRAFICAS POR EMISIONES DE COMPUESTOS
VOLATILES ORGANICOS A LA ATMOSFERA**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADEMICO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN INGENIERIA AMBIENTAL**

RAFAEL LORENZO PIÑON

VERANO DE 1996

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY
DIVISION DE GRADUADOS E INVESTIGACION
PROGRAMA DE GRADUADOS EN INGENIERIA

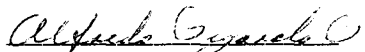
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis del
Ing. Rafael Lorenzo Piñón sea aceptada como requisito parcial para obtener el
grado académico de Maestro en Ciencias especialidad en:

INGENIERIA AMBIENTAL

Comité de tesis



Francisco Medina
Ph.D.
ASESOR



Alfredo Figarola
M.C.
SINODAL



Concepción Jiménez G.
M.C.
SINODAL

APROBADO

Federico Viramontes, Ph.D.

Mayo de 1996

Esta tesis la dedico con mucho cariño a:

Mis padres:

**Ing. Rafael Lorenzo Estévez
Sra. Ma. Del Carmen Piñón de Lorenzo**

A mi abuelita:

Sra. Ana Ma. Estévez Vda. De Lorenzo

A mis hermanos:

**Ana Lorenzo Piñón
Carlos Lorenzo Piñón**

A mi asesor:

Dr. Francisco Medina Gómez

A mis sinodales:

**M.C. Alfredo Figarola Figarola
M.C. Concepción Jiménez López**

**A todos mis compañeros y amigos que me apoyaron durante la
realización de esta tesis y durante toda la maestría.**

Gracias

RESUMEN

Los problemas de contaminación del aire se recrudecen cada día, principalmente en los grandes centros urbanos, en donde la acumulación de automóviles y sus emisiones, junto con las emisiones a la atmósfera de industrias, crean condiciones que no son ajenas a los procesos y condiciones naturales del medio, creando con esto serios problemas a la salud, al bienestar y al desarrollo económico.

Los diferentes sectores industriales juegan un papel preponderante en los esfuerzos por combatir a la contaminación, y en el caso de la acumulación de ozono en la atmósfera urbana, la Industria de Artes Gráficas (IAG) puede colaborar de forma decidida en este esfuerzo.

Al sector de Artes Gráficas le corresponde colaborar en este esfuerzo en la medida que muchos de sus procesos productivos involucran el uso de compuestos volátiles orgánicos, precursores en la formación de ozono (O_3) en el aire de las grandes ciudades.

El ozono es un compuesto químico altamente reactivo, formado en la atmósfera por la combinación de oxígeno atómico (O) y oxígeno molecular (O_2). En la estratósfera, el ozono nos protege de los rayos ultravioletas del sol, mientras que en la tropósfera, es un constituyente primario del smog fotoquímico, y la severidad de los episodios de contaminación del aire es frecuentemente medida por los niveles máximos de concentración de ozono. El ozono es un contaminante secundario formado por la reacción de gases orgánicos (compuestos volátiles orgánicos) y óxidos de nitrógeno.

Desde el punto de vista sectorial, la Industria de Artes Gráficas no ha tomado conciencia de lo que en un momento determinado pudiera afectar su actividad como resultado de una regulación más estricta para controlar la contaminación del aire por ozono. En ese sentido, se puede observar que están haciendo otras ciudades para combatir la contaminación. Como referencia, la lucha contra la contaminación atmosférica por ozono en Estados Unidos, ha llevado a establecer una regulación específica para el sector, lo que pudiera representar el antecedente para acciones similares en algunas ciudades de México.

Es importante utilizar una metodología que permita conocer el diagnóstico del sector, y poder establecer el impacto potencial que una regulación más estricta pudiera tener en las actividades del sector. En este sentido, las metodologías diseñadas nos podrán dar una visión del sector en México, desde el punto de vista ambiental y específicamente de la contaminación del aire por ozono.

La importancia del sector artes gráficas no se limita a lo económico, sino al papel fundamental que juega en la sociedad, en la industria y en el gobierno, dada la utilidad de sus productos y el mercado en donde se desarrolla: sus productos son los medios impresos y su mercado es el de las comunicaciones. Esta importancia, obliga a no permitir un debilitamiento del sector, sino al contrario tratar de fortalecerlo desde la perspectiva de la prevención.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 Modelo de Planeación de Calidad del Aire. ⁴	12
Figura 1. 2 Esquema de formación de Ozono.....	13
Figura 1. 3 Metodología	13
Figura 2. 1 Estratificación de la Atmósfera ¹¹	17
Figura 2. 2 Sistema de la contaminación del aire ⁴	22
Figura 2. 3 Modelo del Sistema de Control de la Contaminación del Aire ⁴ ...	24
Figura 2. 4 Radiación electromagnética ¹¹	27
Figura 2. 5 Rompimiento de enlaces en un polímero por el ozono	33
Figura 2. 6 Isopletras ²	53
Figura 2. 7 Modelo de Planeación de Calidad del Aire ⁴	58
Figura 2. 8 Planeación de la calidad del aire y control de la contaminación	59
Figura 3. 1 Índice IMECA para la Ciudad de México ¹³	79
Figura 3. 2 Niveles de Ozono en la Ciudad de México	79
Figura 3. 3 Índices de Ozono en la Ciudad de Guadalajara ²¹	84
Figura 3. 4 Proceso de la Comunicación ²⁷	86
Figura 3. 5 Distribución de la producción en México ²⁷	89
Figura 3. 6 Distribución de la producción en Estados Unidos ²⁷	90
Figura 3. 7 Procesos en la impresión en general ²⁷	91
Figura 3. 8 Proceso de impresión tipográfica ²⁷	95
Figura 3. 9 Papel de la Tecnología en Artes Gráficas a nivel internacional ²⁷	105

Figura 3. 10 Madurez de la Tecnología en Artes Gráficas a nivel Internacional²⁷	106
Figura 3. 11 Número de empresas de Artes Gráficas a nivel estatal⁶	108
Figura 3. 12 Materias primas consumidas por el sector de Artes Gráficas en México⁷	109
Figura 3. 13 Otros productos consumidos por Artes Gráficas⁷	110
Figura 4. 1 Evaluación de la calidad ambiental en la industria de Artes Gráficas	118
Figura 4. 2 Sistema para el tratamiento de residuos.....	137
Figura 4. 3 Esquema de ISO 14000	138
Figura A. 1 Longitud y amplitud de onda	150

LISTA DE TABLAS

Tabla 2 . 1 Gases atmosféricos ¹¹	16
Tabla 2 . 2 Constantes de velocidad para la producción de NOx térmico ⁴ ..	36
Tabla 2 . 3 Dispositivos de Control comúnmente usados ²	56
Tabla 3. 1 Estándares nacionales de Calidad del Aire en Estados Unidos...	63
Tabla 3. 2 Categorías de tamaño de fuentes de VOC's o NOx en un área en "no cumplimiento"	68
Tabla 3. 3 Definiciones de Fuentes mayores y razones Offset en áreas en "no cumplimiento" con el Ozono.....	70
Tabla 3. 4 Sustancias químicas usadas en la Industria de Artes Gráficas ..	70
Tabla 3. 5 Calidad del aire y concentraciones de contaminantes para la Ciudad de México	78
Tabla 3. 6 Ciudad de México: Índice metropolitano de la calidad del aire. ..	78
Tabla 3. 7 Descripción, Aplicaciones, y Porcentaje de Distribución de los principales procesos de impresión E.U.	102
Tabla 4. 1 Evaluación de un sistema de recuperación de solventes en una planta de huecograbado	115
Tabla 4. 2 Análisis de un proyecto de reciclado de solventes en una planta Artes Gráficas	116

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1	6
DESCRIPCION DEL TRABAJO	6
1.1 ANTECEDENTES	6
1.2 PROBLEMÁTICA PLANTEADA	7
1.3 JUSTIFICACIÓN	8
1.4 OBJETIVO	8
1.5 ORGANIZACIÓN Y ALCANCE	9
1.6 METODOLOGÍA	10
1.7 HIPÓTESIS	14
CAPITULO 2	15
ANTECEDENTES AMBIENTALES	15
2.1 LA ATMÓSFERA Y SUS PROCESOS	15
2.2 CONTAMINACIÓN DEL AIRE	18
2.2.1 Antecedentes	18
2.2.2 Contaminación atmosférica	21
2.3 REACCIONES QUÍMICAS Y FOTOQUÍMICAS EN LA ATMÓSFERA	25
2.3.1 Procesos fotoquímicos	25
2.3.2 Radicales libres	27
2.3.3 Radicales Hidroxil e Hidroperoxil	28
2.4 QUÍMICA AMBIENTAL DEL OZONO	30
2.4.1 Química atmosférica del oxígeno	30
2.4.2 Química Atmosférica del Nitrógeno	34
2.4.3 Mecanismo de formación de Oxidos de Nitrógeno (NOx) ⁴	35
2.4.4 Compuestos Volátiles Orgánicos ¹²	42
2.4.5 Contaminación de la Atmósfera Urbana: Ozono	44
2.5 CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE	51
CAPITULO 3	60
CONTAMINACION ATMOSFERICA	60
3.1 ANTECEDENTES AMBIENTALES EN ESTADOS UNIDOS	60
3.1.1 Legislación	60
3.1.2 Decreto de Aire Limpio (Clean Air Act, CAA)	61
3.1.3 Contaminantes Peligrosos del Aire (HAP: Hazardous Air Pollutants)	65
3.1.4 Fuentes existentes de emisiones	67
3.1.5 Permisos	71

3.1.6 Protección de la capa de Ozono estratosférico.....	72
3.2 ANTECEDENTES AMBIENTALES EN MÉXICO.....	73
3.2.1 Legislación Ambiental.....	73
3.3 CONTAMINACIÓN EN CENTROS URBANOS.....	75
3.3.1 Zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).....	76
3.3.2 Programa Integral Contra la Contaminación Ambiental para la Ciudad de México.....	81
3.3.3 Contaminación atmosférica en Guadalajara y Monterrey. ¹³	83
3.4 ANTECEDENTES DEL SECTOR ARTES GRÁFICAS. ²⁷	85
3.4.1 Mercado del Sector.....	85
3.4.2 Estructura como Sector Industrial.....	88
3.4.3 Procesos de la Industria y emisiones a la atmósfera.....	91
3.4.4 Prospectiva Tecnológica del Sector.....	103
3.4.5 Sector Industrial en México.....	106
CAPITULO 4.....	113
DIAGNOSTICO DEL SECTOR Y MODELO SUGERIDO.....	113
4.1 DIAGNÓSTICO DEL SECTOR ARTES GRÁFICAS.....	113
4.2 MODELO SUGERIDO PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO AMBIENTAL DEL SECTOR....	118
4.3 ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL.....	128
4.3.1 Administración Ambiental en México.....	128
4.3.2 Programa de Administración ambiental.....	129
4.3.3 Evaluación del Impacto Ambiental.....	130
4.3.4 Planeación del Programa de Administración Ambiental.....	132
4.3.5 Organización del Programa de Administración Ambiental.....	133
4.3.6 Planeación de la Gestión Ambiental.....	136
4.3.7 Administración Ambiental e ISO 14000.....	137
CAPITULO 5.....	145
CONCLUSIONES.....	145
ANEXO A.....	150
ANEXO B.....	152
ANEXO C.....	155
ANEXO D.....	158
BIBLIOGRAFIA.....	161
VITA.....	164

CAPITULO 1

DESCRIPCION DEL TRABAJO

1.1 Antecedentes

La problemática creciente de la contaminación ambiental crea cada vez mayor preocupación entre la población en general, que hasta hace algunos años, había tenido una participación pasiva en su resolución. La lucha contra la contaminación de agua, aire y suelo ya no puede esperar más, y mientras siga transcurriendo el tiempo sin tomar acciones tendientes a resolver el problema de fondo, con un compromiso real de querer resolverlo tanto gobierno, industrias y sociedad en general, volveremos a vivir situaciones cíclicas como las que se están presentando en la Ciudad de México, que a pesar de todas las inversiones realizadas, no se ha conseguido detener los altos niveles de contaminación atmosférica, sino se ha recrudecido llegando ya a niveles alarmantes.

Esta problemática, se hace más compleja en las grandes ciudades de México como Guadalajara, Monterrey y el Distrito Federal, donde la sobre población y la actividad industrial hacen difícil revertir la tendencia, por lo que es de esperarse el establecimiento de controles más agresivos en materia de control y prevención de la contaminación.

Aunque los problemas en las grandes ciudades no se limita a la contaminación del aire, en donde también existe contaminación de aguas y suelos, siendo sobre la atmósfera en la que más consecuencias ha tenido no solamente sobre la sociedad, sino también sobre la industria. Es importante señalar que esta problemática ya no es exclusiva de la Ciudad de México, sino que ya es señal de alarma en otras ciudades del país. En el corto plazo, Monterrey, Guadalajara, Ciudad Juárez y Tijuana pueden sufrir los mismos estragos de contingencias ambientales por ozono y partículas suspendidas que la ciudad de México, según información de la Dirección General de Salud Ambiental de la Secretaría de Salud. En estos cuatro centros poblacionales se tienen elevados índices de concentración de contaminantes, particularmente en la zona metropolitana de Guadalajara, donde en temporada invernal se han rebasado los 200 puntos IMECA por ozono.

En la zona metropolitana de Monterrey, la contaminación promedio registrada este año es de entre 20 y 40 puntos IMECA por ozono, aunque los índices elevados se registran en cuanto a partículas suspendidas. En Guadalajara, las concentraciones de contaminantes son parecidas a las de la Ciudad de México,

en relación al particulado y a los precursores de ozono (óxidos de nitrógeno, NOx). En Tijuana, Baja California, se padece contaminación elevada por ozono, pero no necesariamente por emisiones "insitu", sino por las masas de aire que llegan de la zona metropolitana de Los Angeles, California. En Ciudad Juárez, la contaminación ambiental que se registra es por ozono y material particulado de azufre.

La problemática de la contaminación atmosférica se ha hecho cada día más evidente, por las consecuencias directas que tiene sobre la población en el corto plazo como es la reducción en el uso del vehículo, la reducción de actividades que limita la actividad física como el deporte, y aumenta las enfermedades respiratorias cada vez más frecuentes y más severas, así como en el sector productivo por controles a industrias y planes de contingencia que afectan la actividad industrial al realizarse paros provisionales y totales. Además, es la contaminación más visible para todos: un aire contaminado es visto y sentido por todos.

1.2 Problemática planteada

Los crecientes niveles de contaminación atmosférica en las grandes ciudades han sido consecuencia de muchos factores, entre los que se encuentran:

- Crecimiento desmedido de la población.
- Ausencia de estrategias de control y prevención de la contaminación.
- Fracaso de estrategias de control aisladas, sin una visión integral del problema.
- Falta de voluntad para resolver el problema de fondo, por sus causas.
- Falta de involucramiento de la población en general incluyendo a los sectores productivos.

A últimas fechas los niveles de ozono en las grandes ciudades del país se han disparado de forma alarmante, lo que ha llevado, por ejemplo en la Ciudad de México, a replantear el Programa Integral de Control de la Contaminación del Aire (PICCA), con acciones y buena voluntad pero que aparentemente no atacan el problema de fondo y con una visión de corto plazo (ya que para el tiempo que tardan en gestarse los problemas ambientales, y el tiempo necesario para su control y remediación, esta dimensión de tiempo es muy corta).

La problemática de la contaminación atmosférica, así como la contaminación del agua y suelo, requieren de una participación más activa por parte de todos los actores, y en este sentido el sector industrial juega un papel fundamental.

1.3 Justificación

Existe la necesidad de especificar el papel real que juegan algunos sectores industriales, dentro de un contexto global, en donde ser más proactivos en lo que se refiere a control y prevención de la contaminación. En el caso de la contaminación atmosférica por ozono, la Industria de Artes Gráficas puede ser requerida a cumplir ciertos estándares, en el corto y mediano plazo, para el control de la contaminación por emisión de sustancias químicas precursoras de la formación de ozono en diferentes centros urbanos del país.

Independientemente de los programas empleados para el control de la contaminación, si estos no contemplan todas las variables, o al menos las más importantes y que determinan en mayor medida la problemática de la contaminación por ozono en la atmósfera urbana, la Industria de Artes Gráficas deberá revisar sus procesos ya que la implantación de estrategias de control obligatorias pudieran impactarlos, ya que muchas de las sustancias químicas usadas en el sector contribuyen con compuestos volátiles que son precursores en la formación de ozono.

La naturaleza de esta tesis se basa en la imperante necesidad de que todos los actores (sean estos del sector industrial, agropecuario, minero, sociedad, gobierno) involucrados en la problemática de la contaminación atmosférica tomen parte activa en los esfuerzos de control de la contaminación, conservación del medio ambiente y de la salud pública, y en especial a la Industria de Artes Gráficas.

1.4 Objetivo

El objetivo de esta tesis consiste en:

- Proponer una estrategia para la Industria de Artes Gráficas que lleve a un Diagnóstico Ambiental basado en la experiencia de Estados Unidos con respecto al control de emisiones de compuestos volátiles orgánicos.
- Sugerir los contaminantes a la atmósfera generados por la Industria de Artes Gráficas que por su peligrosidad pudieran ser sujetas de regulación muy estricta.
- Presentar la regulación ambiental aplicable a la Industria de Artes Gráficas en Estados Unidos en materia de contaminación del aire por ozono y compuestos volátiles orgánicos.

- Presentar el fundamento teórico de la formación de ozono y la relación con los compuestos orgánicos volátiles y los óxidos de nitrógeno.

Es evidente que desde el punto de vista del sector industrial, existen ciertos tipos de empresas que por su giro son importantes fuentes de emisiones a la atmósfera, sin embargo también existen giros industriales (en este caso la industria de Artes Gráficas) que hasta cierto punto su problemática de contaminación ha pasado desapercibido, ya sea por que estas emisiones no son visibles, por la estructura del sector (cantidad de empresas micro, pequeña, mediana o grandes y por lo tanto diferentes potenciales de contaminación) y la cantidad de emisiones de estas empresas que no permiten observar los efectos reales y potenciales que un sector industrial pudiera estar ocasionando al medio ambiente.

Es precisamente en este punto en donde se basa la presente tesis:

- Aunque la mayoría de la problemática de la contaminación atmosférica se enfoca a esfuerzos concentrados en los automóviles y en las empresas altamente contaminantes (más visibles), es importante señalar que los esfuerzos que se hagan en otros sectores industriales no tienen por que restarse a los esfuerzos que ya se han realizado tradicionalmente, sino al contrario, deben sumarse, ya que como se verá durante el desarrollo de esta tesis, las emisiones potenciales que la Industria de Artes Gráficas pudiera estar realizando, merecen mayor atención sobre todo si hablamos de estrategias integrales de prevención y control de la contaminación.

1.5 Organización y Alcance

La Tesis está compuesta de cinco capítulos:

CAPITULO I	Descripción del trabajo
CAPITULO II	Antecedentes Ambientales
CAPITULO III	Contaminación atmosférica
CAPITULO IV	Diagnóstico del Sector y Modelo Sugerido
CAPITULO V	Conclusiones

En este primer capítulo se presentan los antecedentes de la problemática planteada por esta investigación, donde se justifica ésta por medio de la determinación del objetivo, que para poder llevarlo a cabo se plantea una

metodología con este fin, para dar respuesta a la hipótesis que dio origen a esta investigación.

El Capítulo 2 muestra las principales características de la atmósfera y los principales procesos químicos que permiten la formación de ozono en la tropósfera, y el papel fundamental que juegan los Compuestos Volátiles Orgánicos (VOC's, Volatil Organic Compound) en esta formación.

El Capítulo 3 incluye una introducción a la Industria de Artes Gráficas, para continuar con la legislación aplicable en Estados Unidos a este Sector. Después se presenta un cuadro general de la situación de la contaminación atmosférica en México y su relación con la Industria de Artes Gráficas.

En el Capítulo 4 se realiza la propuesta de estrategia para el diagnóstico ambiental del sector, así como el diagnóstico del sector y el modelo sugerido para la estrategia, incorporando un modelo de administración ambiental, que incluye el enfoque de ISO 14000, y cómo una estrategia basada en este enfoque puede ayudar a la Industria a tomar la iniciativa en la protección al ambiente

En el último capítulo se presentan las conclusiones del modelo propuesto para la Industria de Artes Gráficas, junto con las propuestas para la misma y las recomendaciones.

El alcance de la presente tesis está determinada a:

- Establecer la estrategia para la realización del Diagnóstico Ambiental de la Industria de Artes Gráficas por emisiones de Compuestos Volátiles Orgánicos.
- Presentar un listado de las sustancias químicas peligrosas que se emiten a la atmósfera de tal manera que sirvan para la realización del Diagnóstico Ambiental.
- Presentar la relación entre la formación de ozono y la función de sus precursores, óxidos de nitrógeno y compuestos volátiles orgánicos.
- Presentar la relación entre los niveles de ozono, los estándares de calidad ambiental del aire en Estados Unidos y México.

1.6 Metodología

A principios de este año, se empezó a realizar un plan estratégico para el desarrollo de las empresas del sector industrial de Artes Gráficas. Estos proyectos de Intervención Sectorial tienen como objetivo incursionar en un Sector Industrial mediante acciones concretas para mejorar su posición competitiva tanto a nivel

nacional como internacional. Es evidente que al hablar de competitividad se hace referencia a aquellos factores que afectan y que potencialmente afectarán las actividades de la industria. Entre estos factores destacan aquellos que tienen que ver con la protección al medio ambiente y a la salud de las personas.

Durante el desarrollo del estudio se percibió que el factor ambiental era de los menos importantes para el sector en México, y de hecho el nivel de concientización por parte de los empresarios era mínimo, salvo el caso en que alguna o algunas empresas que son proveedoras de multinacionales, les exigen el uso de tintas base agua, papel reciclado y otros materiales.

Desde el punto de vista de Contaminación Atmosférica, a la Industria de Artes Gráficas (IAG) conciernen el uso de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's), así como diferentes tóxicos utilizados en los procesos de impresión, que por su naturaleza química terminan en la atmósfera interior y exterior de la empresa.

En México, desde el punto de vista regulatorio en lo que a aire se refiere, para la tramitación de licencias, autorizaciones y permisos en materia de control de la contaminación se requiere de:

- Licencia de funcionamiento
- Inventario de emisiones (estudio que se hace 1 vez cada año o cada 2 años y lo solicita la autoridad vía encuesta)
- Cédula de operaciones
- Bitácora de operación y mantenimiento de equipos de proceso y de control de emisiones de contaminantes a la atmósfera.

No existen Normas Oficiales Mexicanas (NOM) específicas del Sector en lo que a aire se refiere.

Sin embargo, dado el poco conocimiento y conciencia que existe en la IAG con respecto a las emisiones al aire, los reportes de éstas se reducen a emisiones por evaporación de alcohol isopropílico (limpiador), sin considerar los solventes que se utilizan en las tintas, entre otros materiales.

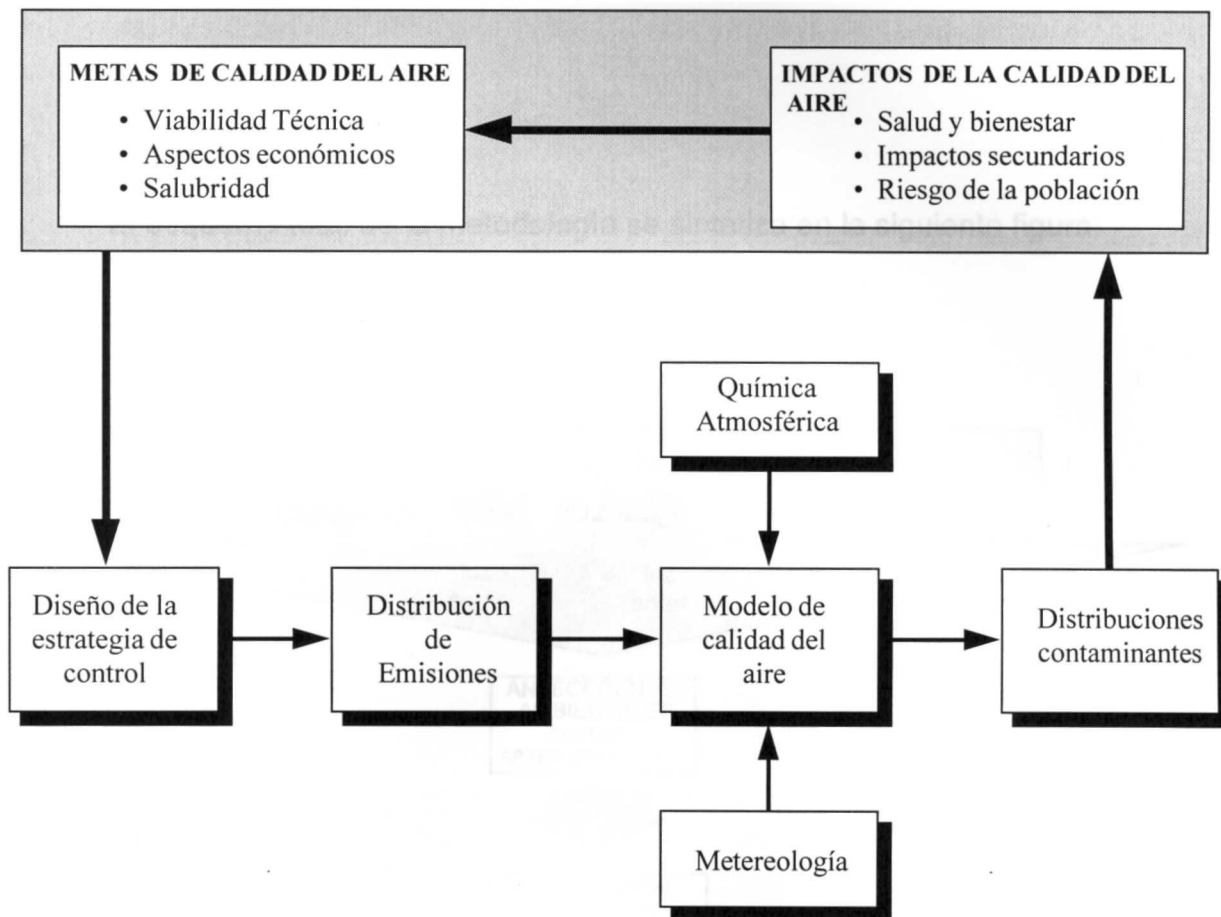
A nivel internacional se han hecho esfuerzos importantes en el desarrollo y aplicación de tintas base agua, soluciones libres de alcohol, reveladores y pulidores sin solventes.

En Estados Unidos, la Environmental Protection Agency (EPA), junto con los impresores, ha identificado los químicos que el sector usa en los diferentes procesos de impresión (offset, flexografía, fotograbado, serigrafía y tipografía), sin olvidar que cada empresa tiene sus propios patrones de uso de estos químicos.

También se están realizando esfuerzos por reducir la cantidad de contaminantes peligrosos del aire que son liberados a la atmósfera

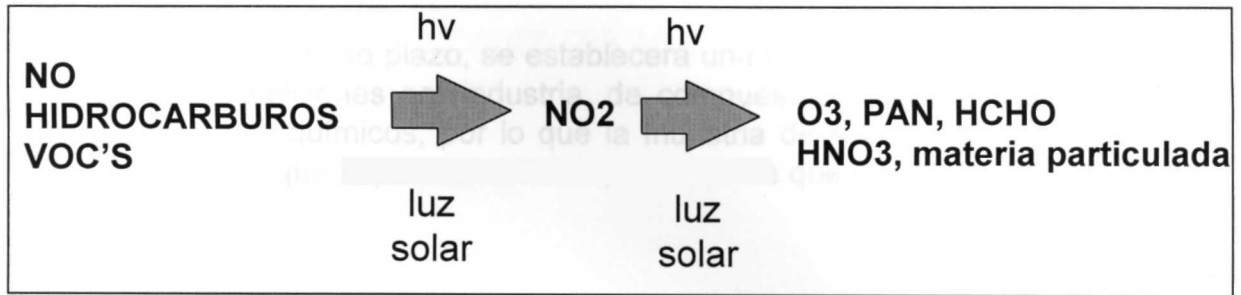
La metodología con la cual se desarrolló este proyecto se basó en el modelo del proceso de planeación de calidad del aire y en el modelo del sistema de contaminación del aire.

Figura 1. 1 Modelo de Planeación de Calidad del Aire.⁴



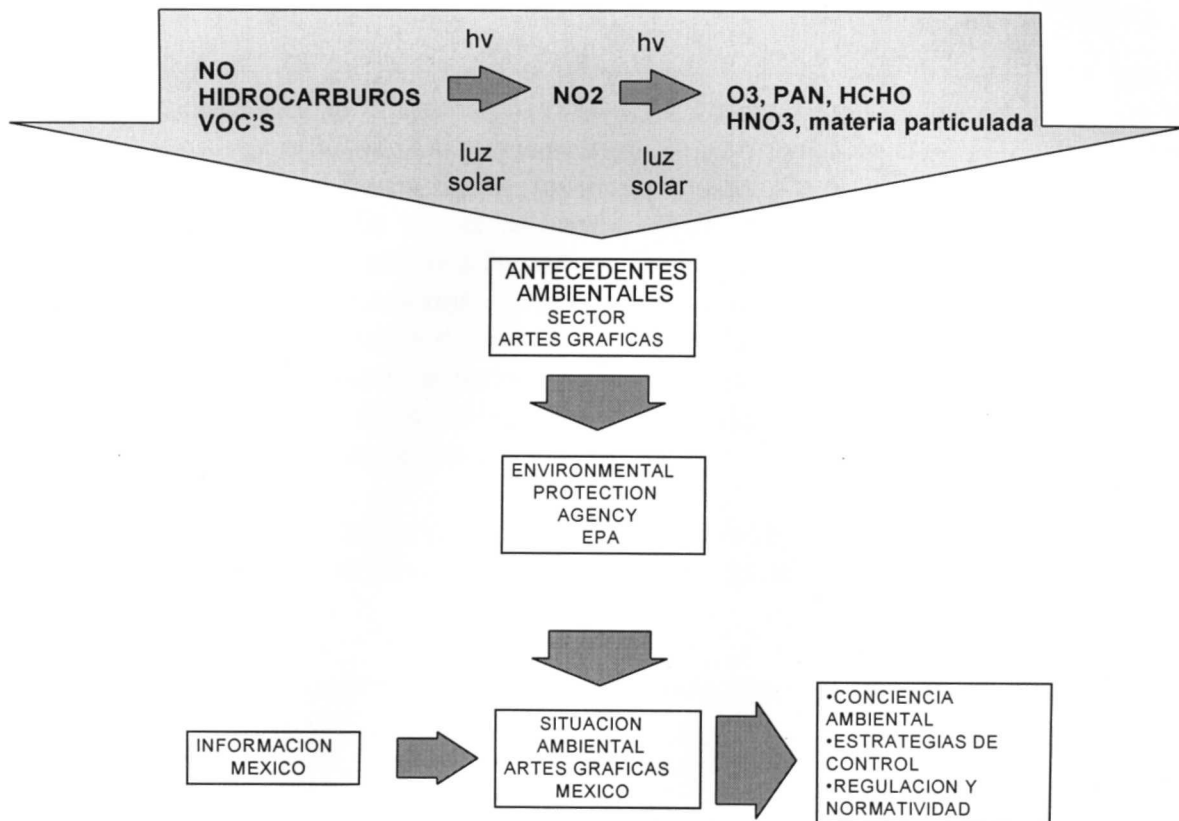
De acuerdo al modelo de contaminación del aire, la Industria de Artes Gráficas es una fuente de emisiones las cuales no solo van depositarse en el aire del interior de las empresas (microambiente) sino también van a la atmósfera en donde sufren una serie de reacciones químicas, que junto con los óxidos de Nitrógeno forman Ozono (O₃) en la presencia de luz solar:

Figura 1. 2 Esquema de formación de Ozono



El esquema total de la metodología se sintetiza en la siguiente figura:

Figura 1. 3 Metodología



1.7 Hipótesis

En el corto y mediano plazo, se establecerá una regulación más estricta en los estándares de emisiones por industria, de compuestos volátiles orgánicos y de otros compuestos químicos, por lo que la Industria de Artes Gráficas no cuenta con herramientas que le permitan decidir, en caso de que sea afectada por dichas regulaciones.

CAPITULO 2

ANTECEDENTES AMBIENTALES

2.1 La atmósfera y sus procesos.

La atmósfera es una capa protectora que alimenta la vida en la tierra y la protege del ambiente hostil del espacio exterior. La atmósfera es la fuente de CO₂ para la fotosíntesis de las plantas y de oxígeno para la respiración, además de suministrar el nitrógeno que las bacterias fijan en el suelo para el desarrollo de las plantas.

Desafortunadamente, la atmósfera ha sido utilizada como un sumidero de muchas sustancias químicas que se acumulan y exceden las concentraciones normales a las que se encuentran, ocasionando daños a la vegetación, a los materiales, a la salud, alterando las características químicas de la misma atmósfera.

La mayoría de la radiación electromagnética del sol es absorbida por la atmósfera, permitiendo la transmisión de cantidades significantes de radiación en las regiones de los 300-2,500 nanómetros (nm, cerca de la radiación ultravioleta, la radiación visible y cerca de la radiación infrarroja) y 0.01-40 metros (ondas radio). Con la absorción de la radiación electromagnética por debajo de los 300nm, la atmósfera protege a la vida en la tierra de los daños que la radiación ultravioleta pudiera ocasionar a los organismos vivos. Además, porque la atmósfera reabsorbe mucha de la radiación por la cual la energía solar absorbida es re-emitada al espacio exterior, estabilizando la temperatura de la tierra, previniendo de los cambios extremos en temperatura que ocurre en planetas y lunas deficientes de atmósferas (Ver Anexo A).

Para entender la química de la atmósfera y la problemática de la contaminación del aire, es importantes tener un visión general de la atmósfera, su composición y sus procesos.

El aire seco consiste de dos componentes mayores (por volumen)¹¹:

- Nitrógeno 78.08%
- Oxígeno 20.95%

y de componentes menores:

- Argón 0.934%
- Dióxido de carbono 0.035%

Tabla 2.1 Gases atmosféricos ¹¹

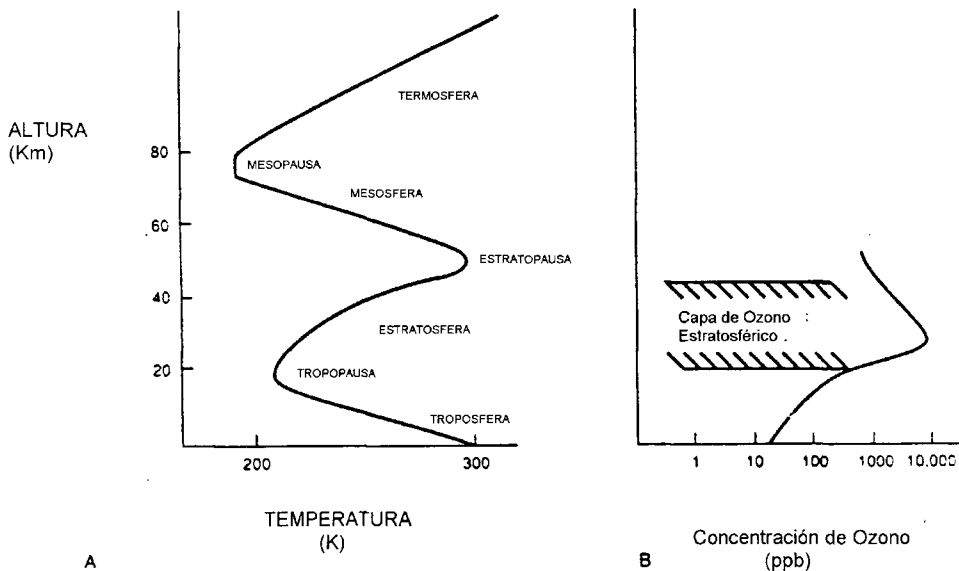
Gas o especie	Porcentaje Volumen	Fuentes mayores	Procesos de remoción de la atmósfera
CH4	1.6×10^{-4}	Biogénico	Fotoquímico
CO	1.2×10^{-5}	Fotoquímico, Antropogénico	Fotoquímico
N2O	3×10^{-5}	Biogénico	Fotoquímico
NOX	$10^{-10} - 10^{-6}$	Fotoquímico, Antropogénico	Fotoquímico
HNO3	$10^{-9} - 10^{-7}$	Fotoquímico	Lavado por precipitación
NH3	$10^{-8} - 10^{-7}$	Biogénico	Fotoquímico, Lavado por precipitación
H2	5×10^{-5}	Biogénico, Fotoquímico	Fotoquímico
H2O2	$10^{-8} - 10^{-6}$	Fotoquímico	Lavado por precipitación
HO	$10^{-13} - 10^{-10}$	Fotoquímico	Fotoquímico
HO2	$10^{-11} - 10^{-9}$	Fotoquímico	Fotoquímico
H2CO	$10^{-8} - 10^{-7}$	Fotoquímico	Fotoquímico
CS2	$10^{-9} - 10^{-8}$	Antropogénico, Biogénico	Fotoquímico
OCS	10^{-8}	Antropogénico, Biogénico, Fotoquímico	Fotoquímico
SO2	2×10^{-8}	Antropogénico, Fotogénico, volcánico	Fotoquímico
I2	0-trace	----	----
CCL2F2	2.8×10^{-5}	Antropogénico	Fotoquímico
H3CCCl3	1×10^{-8}	Antropogénico	Fotoquímico

La atmósfera está estratificada en la bases de relaciones temperatura/densidad, resultado de las interrelaciones entre procesos físicos y fotoquímicos en el aire (relacionado a la energía solar).

La capa más baja de la atmósfera se extiende desde el nivel del mar hasta una altitud de 10-16 km., y se denomina como la tropósfera (Figura 2.1), caracterizada por una composición generalmente homogénea de gases mayores diferentes del agua y por el decremento en la temperatura con el incremento en la altitud desde la superficie de la tierra. La composición homogénea de la tropósfera es resultado de la constante mezcla de gases debido a la circulación de masas de aire. Sin embargo, el contenido de vapor de agua de la tropósfera es extremadamente variable por la formación de nubes, la precipitación y la evaporación de agua de los cuerpos de agua terrestres.

El límite superior de la tropósfera (llamada tropopausa) tiene una temperatura mínima de -56°C aproximadamente. Esta temperatura sirve como una barrera que ocasiona que el vapor de agua condense en hielo, de tal forma que no pueda alcanzar altitudes a las cuales se disociaría a través de la acción de intensa radiación ultravioleta del sol. Si esto pasara, el hidrógeno producido escaparía de la atmósfera de la tierra y se perdería.

Figura 2. 1 Estratificación de la Atmósfera¹¹



La capa de la atmósfera que está arriba de la tropopausa (Figura 2.1) es la estratósfera, en la cual la temperatura se eleva con el incremento de la altura a un máximo de -2°C . Esta temperatura máxima es debida a la presencia del ozono (O_3), el cual puede alcanzar un nivel de concentración de 10 ppm (10,000 ppb, Figura 2.1.B) por volumen en la parte media de la estratósfera. El efecto de calentamiento es causado por la absorción de la energía de radiación ultravioleta por el ozono.

La ausencia de especies químicas que absorban radiación en la mesósfera, que está inmediatamente arriba de la estratósfera, resulta en un decremento en temperatura a -92°C a una altitud de 85 km. (mesopausa). Las regiones superiores de la mesósfera y más altas definen una región llamada exósfera, en la cual las moléculas e iones pueden escapar de la atmósfera.

Extendiéndose hacia el exterior de la atmósfera está la termósfera, en la cual los gases rarificados alcanzan temperaturas de hasta $1,200^{\circ}\text{C}$ por la absorción de radiación muy energética (de longitudes de onda menores a 200nm, ver Anexo A) por las especies de gas en esta región.

2.2 Contaminación del aire

2.2.1 Antecedentes

Los problemas de contaminación en general, tienen su origen en la sobre población y en el uso de recursos. Esta sobre población y uso de recursos, está regida por las leyes naturales de la conservación de la materia y la energía (la materia y la energía no se creará ni se destruirá, solo se transformará), así como la segunda ley de la termodinámica con respecto a la degradación de la energía de una forma concentrada a una dispersa. Los problemas de contaminación se originan precisamente por la acumulación de materia y/o energía.

En la atmósfera, existen literalmente miles de contaminantes, de los cuales la mayoría tienen un impacto global negativo en la salud, en el ambiente y en los diferentes materiales. En un sentido económico o social, la contaminación del área de trabajo, el smog urbano, la deposición ácida regional, la destrucción del ozono estratosférico, así como el rápido calentamiento global, no son efectos deseados. Por esta razón, una sustancia química que conduce a estos fenómenos es llamado contaminante. Un contaminante es una sustancia que está presente en algún lugar a una concentración alta indeseada. El CO_2 es necesario para la vida de las plantas, pero cuando existe en concentraciones que exceden los niveles

normales nos lleva a un calentamiento global de la tierra ya que no deja escapar la energía re-irradiada por ésta. En este sentido, una sustancia química puede no ser un contaminante a una concentración determinada, aunque su incremento puede tener consecuencias adversas. Por el otro lado, una sustancia puede ser benéfica en un lugar y no en otro, por ejemplo el ozono en la estratósfera y el problema de su disminución, y el ozono en la atmósfera urbana (tropósfera) y el problema de su incremento.

El factor tiempo también es importante para determinar si un contaminante impactará al ambiente. Si el incremento de un contaminante es lo suficientemente lento, el sistema ecológico puede ajustarlo, como fue el caso del incremento de oxígeno hace millones de años. Sin embargo, las actividades antropogénicas han llevado a un incremento en los contaminantes a una velocidad que no permite al sistema ecológico un completo ajuste y esa es una de las preocupaciones en el caso del efecto invernadero, en donde no solo es la tendencia de calentamiento, sino que se está calentando mucho más rápido de lo que el ambiente pudiera adaptarse a las nuevas condiciones, por lo que los problemas están creciendo en alcance y complejidad.

Sin embargo, la contaminación del aire no es un fenómeno nuevo, al contrario, data desde mucho tiempo atrás. En Londres, el humo y gases de la combustión de madera y carbón habían plagado la atmósfera de la ciudad desde la era medieval y a pesar de una serie de edictos y leyes, la calidad del aire continuó empeorando. La revolución industrial fue motivada por la habilidad de usar carbón para generar vapor para el movimiento de maquinaria. La prosperidad dada por el incremento en el consumo de los productos manufacturados que acompañaron a esas industrias, hicieron del humo una inconveniencia tolerable, una visión aún sostenida en nuestros días tanto por naciones desarrolladas y como en desarrollo.

Debido a que en Londres la opresión del smog causó la suficiente presión al Parlamento, se tuvo que elaborar el Decreto de Salud Pública de la Gran Bretaña (Public Health Act) en 1848. En 1952, en esta misma ciudad, se vivió uno de los episodios de contaminación por smog más impactante en la historia de la humanidad, ya que durante cuatro días esta contaminación causó alrededor de 4,000 muertes. Estas experiencias históricas de Londres se extendieron en periodos de estancamiento, inversión y neblina, en donde el aumento del humo en combinación con la neblina y el dióxido de azufre, SO_2 , condujo a periodos de niebla densa, un fuerte olor y a las muertes ya mencionadas. De hecho el término "smog" tiene su origen en estos hechos tan lamentables, ya que se deriva del término smoke (humo) y fog (neblina), por lo que "smog" sería "neblumo".

Los episodios de Londres no han sido los únicos. En el Valle Meuse en Bélgica, y Donora en Pensilvania, Estados Unidos tuvieron sucesos semejantes

en 1930 y 1948, respectivamente, ocasionando un incremento en las tasas de enfermedad y muerte.

Así como en Londres y muchas de las grandes ciudades del mundo se estuvo luchando por limpiar de la atmósfera urbana el humo del carbón, en Los Angeles, California se estaba “inventando” una nueva forma contaminación del aire: a diferencia de Londres, el smog que se empezaba a presentar en el aire no fue resultado de la mezcla de humo y neblina. En este caso, los niveles de contaminación se incrementaron con la presencia de la luz solar, dando origen al smog fotoquímico, como ha llegado a ser conocido, ya que fue resultado de las emisiones de los escapes de los automóviles, de las plantas de energía, refinerías y otras fuentes, que interactuando en la presencia de luz solar formaron ozono, O_3 , formaldehídos y otros ácidos. Los contaminantes formados de esta forma (contaminantes secundarios) fueron más desagradables que los originalmente emitidos (contaminantes primarios). En la actualidad, se reconoce que la mayoría de las grandes ciudades experimentan esta clase de smog fotoquímico, y fue a través de medidas agresivas de control, que la magnitud del problema ha sido reducido a pesar del continuo crecimiento de la población de Los Angeles.

Y mientras se lucha para solucionar el problema de la contaminación del aire en zonas urbanas, la expansión de las actividades humanas, acompañadas por nuestra habilidad para identificar más cambios globales, han engendrado otros problemas. En los 70's y 80's, la atención ha aumentado y se ha enfocado en cambios regionales y globales en la calidad del aire. En la escala regional, las emisiones de compuestos o especies químicas de plantas de energía y automóviles están reaccionando formando ácido sulfúrico y nítrico en la atmósfera. Estos compuestos se depositan en la tierra, acidificando lagos y corrientes y estresando el crecimiento de plantas y árboles. Además de los ácidos, se ha encontrado que otras especies químicas como el ozono y/o sus precursores ha sido transportado por el viento de las zonas urbanas a las áreas rurales.

Probablemente, los descubrimientos más alarmantes involucran cambios globales en la atmósfera de la tierra derivados de emisiones antropogénicas. El incremento en las emisiones de dióxido de carbono y otros compuestos, pueden estar conduciendo al calentamiento global, o “efecto invernadero”. Las emisiones de clorofluorocarbonos (CFC's) continúan reduciendo el ozono estratosférico, siendo la capa de esta sustancia en la estratósfera, como se mencionó anteriormente, la que nos protege de los rayos ultravioletas.

Lo que es más abominable acerca de los problemas globales, es que éstos son muy difíciles de atacar, y todavía aún con esfuerzos muy agresivos se espera que los problemas empeoren y en el mejor de los casos que se detengan. En contraste, el control del smog urbano y la deposición ácida ha tenido un éxito relativo que exige todavía un mayor esfuerzo.

Conforme las actividades de la humanidad se diversifican, la variedad de impactos se han multiplicado, así como las estrategias y recursos necesarios para la remediación.

2.2.2 Contaminación atmosférica

La contaminación del aire puede ser definido como cualquier condición atmosférica en la cual las diferentes sustancias están presentes en concentraciones lo suficientemente altas como para producir un efecto medible en los humanos, animales, plantas y/o materiales. Estas sustancias pueden ser cualquier elemento químico de origen antropogénico o natural, así como compuestos capaces de ser transportados por el viento. Estas sustancias pueden existir en la atmósfera como gases, líquidos o partículas sólidas.

Los contaminantes también pueden ser clasificados de acuerdo a la manera en la cual ellos llegan a la atmósfera⁴:

1. **Contaminantes primarios:** son aquellos emitidos directamente por las fuentes.
2. **Contaminantes secundarios:** son los formados en la atmósfera por las interacciones químicas entre contaminantes primarios y los constituyentes normales de la atmósfera. Ejemplo: el smog fotoquímico

Muchos de los contaminantes son de origen antropogénico y natural, y es evidente que una simple fuente es rara vez la causa de un problema de contaminación del aire.

El problema de la contaminación del aire se puede representar como un sistema de tres componentes,

1. Fuentes de emisión
2. Atmósfera
3. Receptores

Figura 2. 2 Sistema de la contaminación del aire⁴



Una de las metas de este sistema es dar una respuesta: ¿Cuál es la forma óptima de combatir la contaminación del aire? El problema existe. Lo que está totalmente claro es que el combate a la contaminación del aire en las grandes áreas urbanas requerirá de una inversión económica sustancial, y quizá cambios en los patrones de vida y uso de energía.

Es virtualmente imposible eliminar completamente todas las emisiones antropogénicas de sustancias extrañas a la naturaleza (xenobióticas) en la atmósfera. Es más sensible, factible y coherente aspirar a una reducción de emisiones de contaminantes a un punto tal, que los efectos adversos evidentes sean eliminados.

Debido al gran desembolso en dinero que se requerirá, los factores sociales y políticos jugarán un papel mayor en alcanzar este objetivo. Los esfuerzos para formular una estrategia coherente para el control de la contaminación del aire, ha tenido problemas en gran parte por la inhabilidad de demostrar claramente las relaciones entre niveles de emisión y las concentraciones en el aire, y entre éstas y los efectos adversos (principalmente a la salud humana) de estos contaminantes.

Normalmente se piensa en la contaminación del aire como un fenómeno característico solamente de los grandes centros urbanos y regiones industrializadas, donde las concentraciones pueden alcanzar valores mucho más altos que los niveles naturales. En el sentido más amplio, es un problema global, a

partir del hecho de que los contaminantes, en última instancia, llegan a ser dispersados a través de toda la atmósfera.

En resumen, el origen de la contaminación del aire es, evidentemente, una fuente emisora de alguna sustancia química que al no ser digerido, estabilizado o equilibrado, se acumula en la atmósfera, ocasionando un aumento en su concentración y por lo tanto un efecto adverso para la vida y sus manifestaciones.

Entre las principales fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera tenemos:

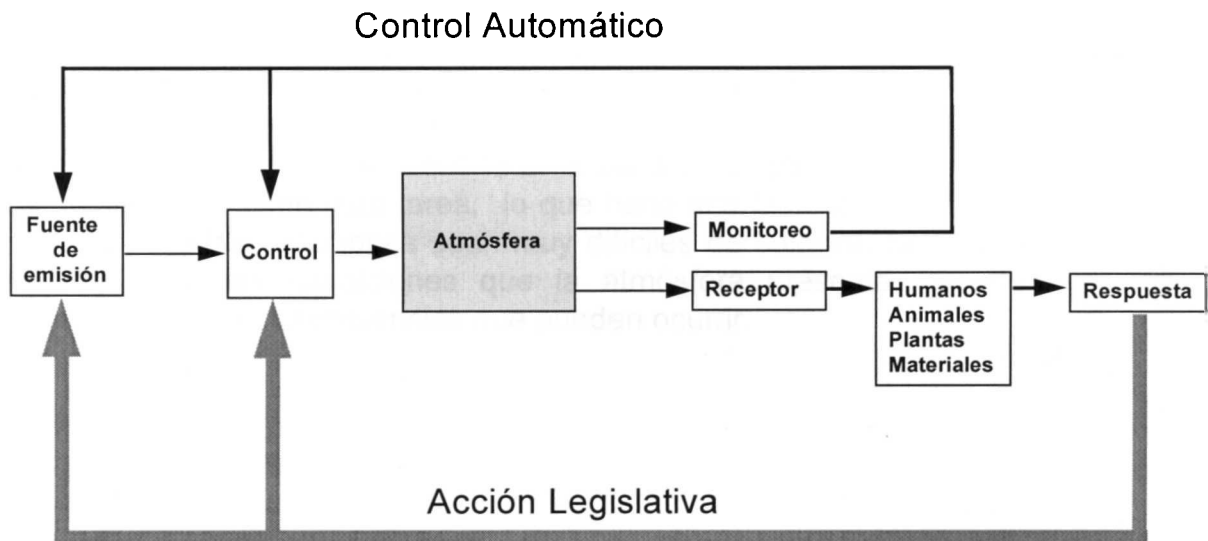
1. Transporte
2. Generación de energía eléctrica
3. Combustión de desechos
4. Utilización de combustibles a nivel doméstico e industrial
5. Diferentes procesos industriales

Los contaminantes son emitidos a la atmósfera, la cual actúa como un medio para el transporte, dilución, transformación química y física de éstos, y pueden ser detectados por diferentes instrumentos de medición o por los seres humanos, animales, plantas, o materiales, los cuales funcionan como "sensores" que se manifiestan por medio de alguna respuesta, tal como la irritación de las vías respiratorias en el ser humano. Finalmente, como resultado de estas respuestas, las fuentes de emisión y sus controles (si es que los tienen) pueden ser modificados o impuestos por primera vez ya sea a través de monitoreo remoto automático de las concentraciones de los contaminantes al aire, o de la presión pública y la subsecuente legislación (Figura 2.3)

Asociados a estas fuentes de emisión, están los controles de la fuente emisora, los cuales son dispositivos o procedimientos de operación que previenen y/o controlan que algunos de los contaminantes producidos por la fuentes lleguen a la atmósfera. Los controles típicos para las fuentes emisoras incluyen:

- dispositivos para limpieza de gases
- sustitución de materiales
- modificaciones en el proceso

Figura 2. 3 Modelo del Sistema de Control de la Contaminación del Aire⁴.



Tres puntos en el sistema de control de la contaminación del aire son receptivos, al menos en principio: la acción de control.

Primero, el control puede realizarse en la fuente de emisión que da, en teoría, resultados en menores cantidades de contaminantes o una distribución diferente de las emisiones que llegan a la atmósfera, o una alteración de la distribución espacial y temporal de éstas.

Segundo, el control puede ser dirigido a la atmósfera, como podría ser desviando los flujos de viento o con la descarga de enormes cantidades de calor para alterar el perfil de temperaturas de la atmósfera.

Finalmente, el control puede ser reservado a los receptores, por ejemplo con el uso sistemas de aire acondicionado filtrado, o hasta el uso de máscaras de gases.

De las tres estrategias de control anteriores, el control en la fuente de emisión no solamente es la más factible, sino la más práctica. Sin embargo, la mejor forma de controlar la contaminación del aire es previniendo, en primer lugar, que los contaminantes lleguen a la atmósfera.

2.3 Reacciones químicas y fotoquímicas en la atmósfera

El estudio de las reacciones químicas en la atmósfera no es una tarea fácil, ya que uno de los principales obstáculos encontrados en el estudio de la química de la atmósfera es que se trabaja con concentraciones muy bajas de algunos compuestos, y en muchos casos la diversidad y complejidad de las reacciones y sus caminos dificultan esta tarea, lo que hace que la detección y análisis de los productos de las reacciones sean muy difíciles de calcular. La simulación en el laboratorio de las condiciones que la atmósfera presenta puede ser muy complicado por las interferencias que pueden ocurrir.

2.3.1 Procesos fotoquímicos.

La absorción de energía solar por las especies químicas pueden ocasionar reacciones llamadas fotoquímicas, las cuales de otra forma no ocurrirían. Las reacciones fotoquímicas juegan un papel muy importante en la determinación de la naturaleza y destino último de las sustancias químicas en la atmósfera.

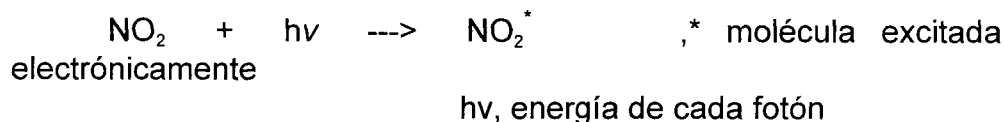
Las moléculas excitadas electrónicamente son una las tres especies reactivas e inestables que son encontradas en la atmósfera y están fuertemente involucradas con los procesos químicos atmosféricos. Las otras dos especies son átomos o fragmentos de moléculas con electrones no-compartidos, llamados radicales libres, y los iones que consisten de átomos cargados o fragmentos de moléculas.

En resumen, las especies químicas reactivas e inestables encontradas en la atmósfera y que son responsables de muchos de los procesos químicos atmosféricos, son:

1. Moléculas excitadas electrónicamente
2. Radicales libres
3. Iones

Las moléculas excitadas electrónicamente son producidas cuando una molécula estable absorbe radiación electromagnética en las regiones visible o ultravioleta del espectro (Figura 2.4). Una molécula puede poseer muchos estados de excitación posibles, pero generalmente la radiación visible o ultravioleta es lo suficientemente energética como para excitar moléculas al menos en muchos de los niveles bajos de energía. (Ver Anexo A).

El dióxido de nitrógeno, NO_2 , es una de las especies químicas fotoquímicas más activas encontradas en una atmósfera contaminada, y es un participante esencial en el proceso de formación de smog fotoquímico en la atmósfera urbana. Una especie como el NO_2 , puede absorber energía de la luz solar ($h\nu$), produciendo una molécula electrónicamente excitada:



Las reacciones que ocurren con la absorción de un fotón de luz (anexo A) para producir una especie excitada electrónicamente, está determinada en gran medida por la forma en la cual las especies excitadas pierden su energía. Esta pérdida de energía puede ocurrir por uno de muchos caminos, incluyendo la transferencia de energía a otras moléculas, transferencia de energía dentro de una molécula absorbente, o un proceso de luminiscencia en la cual la energía se pierde por la emisión de fotones.

El paso primario de una reacción fotoquímica puede ser descrita como,

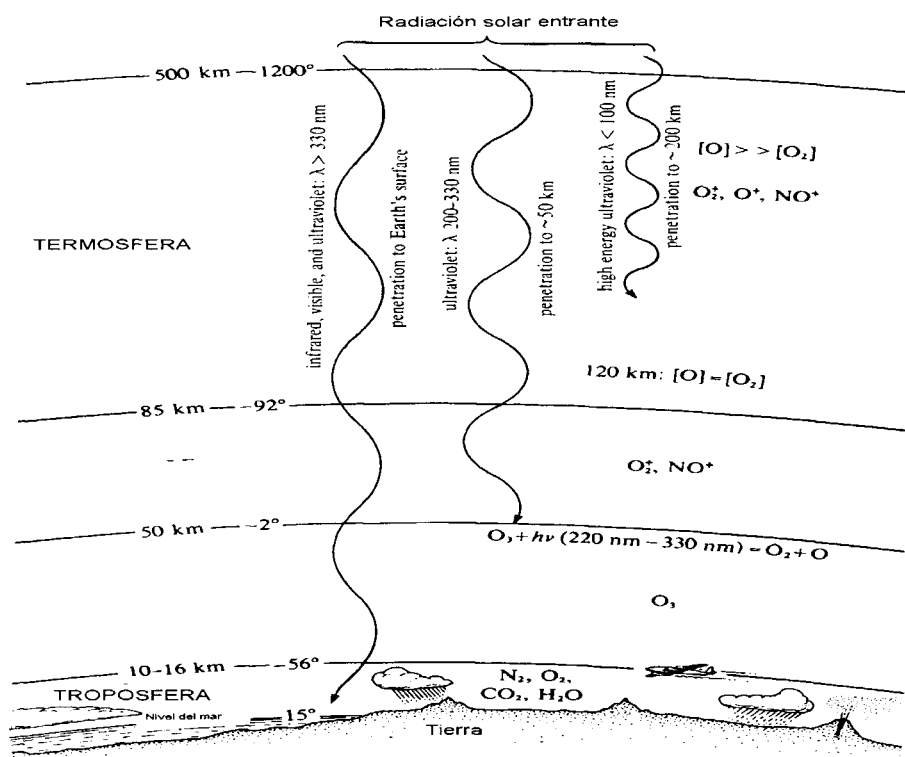


* molécula excitada electrónicamente
 $h\nu$, energía de un fotón

Desde el punto de vista fotoquímico, los medios más importantes por los cuales las moléculas excitadas pierden energía son las siguientes:

1. Disociación: $\mathbf{A^* \longrightarrow B_1 + B_2 + \dots}$
2. Reacción directa: $\mathbf{A^* + B \longrightarrow C_1 + C_2 + \dots}$
3. Fluorescencia: $\mathbf{A^* \longrightarrow A + h\nu}$
4. Desactivación por choque: $\mathbf{A^* + M \longrightarrow A + M}$ M es un tercer cuerpo que absorbe el exceso de energía.

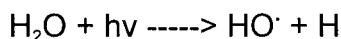
Figura 2. 4 Radiación electromagnética¹¹



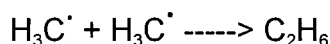
Las reacciones 1 y 2 conducen a un cambio químico, mientras que las reacciones 3 y 4 retornan a la molécula a su estado original. La variable que mayor afecta las reacciones fotoquímicas es el cambio de intensidad en la radiación solar que ocurre como una función de la hora del día, de la latitud, de la época del año y estado atmosférico (nubes, aerosoles, reflejo de la superficie).

2.3.2 Radicales libres.

La radiación energética electromagnética en la atmósfera puede producir átomos o grupos de átomos con electrones no-compartidos llamados **radicales libres**,



Los radicales libres están involucrados en la mayoría de los fenómenos químicos atmosféricos significativos y son de máxima importancia en la química atmosférica. Debido a sus electrones no-compartidos y la fuerte tendencia a compartir estos electrones bajo la mayoría de las circunstancias, los radicales libres son altamente reactivos. Eventualmente, a través de procesos como la reacción con otro radical, uno de los radicales en una cadena es destruido y la cadena termina,

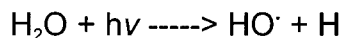


Este proceso es una reacción de terminación de cadena. Las reacciones que involucran radicales libres son responsables de la formación de smog fotoquímico en la atmósfera urbana.

Debido a que los radicales libres son muy reactivos, tienen generalmente tiempos de vida muy cortos. Es importante distinguir entre alta reactividad e inestabilidad, ya que un radical aislado de otros radicales u otras especies reactivas serían muy estable. Por lo tanto, los radicales libres y los átomos de gases diatómicos tienden a persistir bajo condiciones rarificadas de las grandes altitudes debido a que pueden viajar grandes distancias antes de que choquen con otras especies reactivas. Sin embargo, las especies electrónicamente excitadas tienen un tiempo de vida finito y generalmente corto, porque ellos pueden perder energía a través de la disminución radiación sin tener que reaccionar con otras especies.

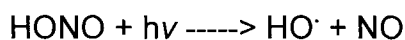
2.3.3 Radicales Hidroxil e Hidroperoxil

El radical hidroxil, $\text{HO}\cdot$, es la especie intermedia reactiva más importante en los procesos químicos atmosféricos. Es formado por muchos mecanismos. En grandes altitudes es producido por la fotólisis del agua,



En la presencia de compuestos orgánicos, el radical hidroxil es producido en abundantes cantidades como un intermediario en la formación de smog

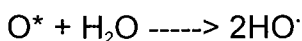
fotoquímico. Hasta cierto punto en la atmósfera, y para experimentación de laboratorio, el HO· es producido por la fotólisis del vapor de ácido nitroso,



En la tropósfera no-contaminada, el radical hidroxil es producido como resultado de la fotólisis del ozono,

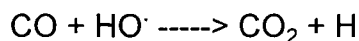


seguida por la reacción de la fracción de los átomos de oxígeno excitados con moléculas de agua,

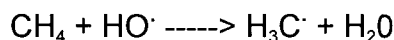


Entre las especies traza más importantes que reaccionan con el radical hidroxil están el monóxido de carbono, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, metano y óxido nítrico.

El radical hidroxil es removido con mayor frecuencia de la tropósfera por la reacción con el monóxido de carbono,



o metano,



el radical metil (H₃C·) es muy reactivo, y reacciona con el O₂,

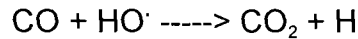


para formar el radical metilperoxil, H₃COO· .

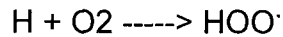
Los átomos de hidrógeno producidos por la reacción,



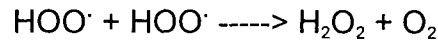
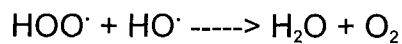
y por la reacción,



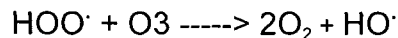
reaccionan con el oxígeno para producir el radical hidroperoxil, otro intermediario en algunas de las reacciones químicas importantes,



El radical hidroperoxil puede sufrir reacciones de terminación de cadena, tales como,



o puede sufrir reacciones que regeneran el radical hidroxil,



La concentración global del radical hidroxil, promediado diurnamente y temporalmente, se estima en un rango de 2×10^5 y 1×10^6 radicales por cm^3 en la tropósfera. Debido a la alta humedad y alta incidencia de luz solar, lo que resulta en niveles de O^* elevados, la concentración de HO^\cdot es más alta en las regiones tropicales

2.4 Química Ambiental del Ozono

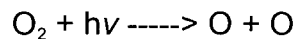
2.4.1 Química atmosférica del oxígeno

La importancia del oxígeno radica en su intercambio entre la atmósfera, litósfera, hidrósfera y biósfera. El ciclo del oxígeno es crítico en la química ambiental, en las transformaciones geoquímicas, y en los procesos de la vida. El oxígeno en la troposfera juega un papel importante en los procesos que ocurren en la superficie de la tierra.

El oxígeno es utilizado por los organismos aeróbicos en la degradación de la materia orgánica. El oxígeno es retornado a la atmósfera a través de la fotosíntesis de las plantas. Todo el oxígeno molecular que está en la atmósfera se piensa que se originó a través de la acción de los organismos fotosintéticos, lo cual muestra la importancia de la fotosíntesis en el balance de oxígeno de la atmósfera.

Debido a la atmósfera extremadamente rarificada y los efectos de la radiación electromagnética, el oxígeno elemental en la atmósfera superior existe en gran parte en formas distintas al O₂. La atmósfera superior contiene átomos de oxígeno, O; moléculas de oxígeno excitadas, O₂*; y ozono, O₃.

El oxígeno es estable en la termósfera, donde la atmósfera están tan rarificada que las colisiones de tres cuerpos necesarios para la reacción química del oxígeno atómico rara vez ocurre (el tercer cuerpo en esta clase de reacción de tres cuerpos absorbe energía para estabilizar los productos). El oxígeno atómico es producido por la reacción fotoquímica,

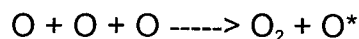


La ligadura oxígeno-oxígeno es muy fuerte (120 kcal/mol) y la radiación ultravioleta en las regiones de longitud de onda entre 135-176 nanómetros y 240-260 nanómetros es más efectiva en causar la disociación del oxígeno molecular. Debido a la disociación fotoquímica, el O₂ existe, virtualmente, a grandes altitudes y menos del 10% del oxígeno en la atmósfera en altitudes que exceden los 400 km. está presente en la forma de oxígeno molecular.

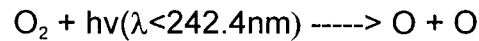
Los átomos de oxígeno en la atmósfera pueden existir en el estado normal, (O) y en los estados excitados (O*). Los átomos de oxígeno excitados son producidos por la fotólisis del ozono, el cual tiene una energía de ligadura débil de 26 kcal/mol, a longitudes de onda abajo de 308 nanómetros,



o por reacciones químicas altamente energéticas,



El ozono, O₃, tiene una función protectora esencial ya que absorbe la radiación ultravioleta dañina en la estratósfera y sirve como un escudo contra la radiación, protegiendo a los seres vivos de la tierra de los efectos de las cantidades excesivas de esta radiación. El ozono es producido por las reacciones fotoquímica,



en donde M, es una tercera especie que absorbe energía para la estabilización de los productos. Esta tercer especie puede ser una molécula de N₂ u O₂. La máxima región de concentración de ozono está dentro del rango de los 25-30 km. en la estratósfera donde puede alcanzar una concentración de 10ppm (Figura 2.1).

El ozono absorbe radiación ultravioleta en la región 220-330nm. La absorción de la radiación electromagnética por el ozono convierte la energía de radiación a calor y es responsable de la temperatura máxima encontrada en las fronteras entre la estratósfera y la mesósfera a una altitud de aproximadamente 50 km. La razón de que la máxima temperatura ocurre a una altitud mayor que la de la zona de máxima concentración de ozono se origina del hecho de que el ozono es un efectivo absorbedor de la radiación ultravioleta. Por lo tanto, la mayoría de esta radiación es absorbida en la estratósfera superior, donde genera calor, y solo una pequeña fracción alcanza altitudes más bajas, que permanecen relativamente frías.

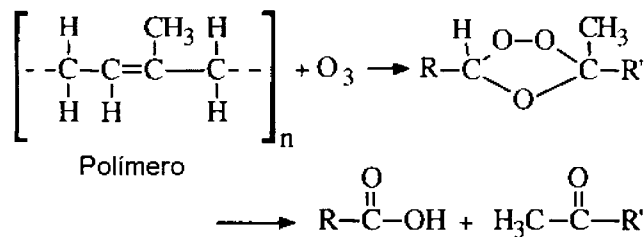
El ozono es un contaminante indeseado en la tropósfera y su proceso de formación tiene otra naturaleza. Es tóxico, y en una sobredosis leve causa respiración difícil, una sensación de presión de pecho, garganta e irritación de ojos. Además, de sus efectos toxicológicos el ozono daña también materiales como el hule.

Los efectos dañinos del ozono ocurren principalmente en tres áreas:

1. Salud humana
2. Daño a materiales
3. Efectos en la atmósfera
4. Toxicidad en plantas

- Ozono a niveles de 0.15 ppm causa tos, respiración difícil, constricción bronquial, e irritación del sistema respiratorio en individuos que realizan ejercicios.
- Estudios recientes han indicado que los efectos del ozono en los humanos son notados en una concentración arriba de 0.08 ppm. Esto puede ser comparado a los niveles encontrados en las áreas urbanas donde se alcanzan niveles máximos de 0.4 ppm.
- El Hule tiene una gran afinidad por el ozono y es roto y envejecido por éste. El ozono ataca el hule natural y materiales similares mediante la oxidación y rompimiento de doble enlaces en el polímero (Figura 2.5)

Figura 2. 5 Rompimiento de enlaces en un polímero por el ozono



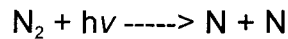
i

- El ozono también causa fitotoxicidad en plantas, así como puede ocurrir reducción en el crecimiento sin que haya lesiones visibles.
- Exposiciones breves a una concentración de 0.06 ppm de ozono puede temporalmente sortear la velocidad de fotosíntesis a la mitad en algunas plantas.
- El daño a las cosechas por ozono y otros contaminantes fotoquímicos del aire, solo en California ha costado millones de dólares y dólares cada año.
- Los efectos de la exposición a largo plazo en los niveles típicos del aire urbano (de 0.1 a 0.2 ppm) han exhibido cambios irreversibles en la función pulmonar después de una exposición de largo plazo a un nivel de 1 ppm.
- Un tópico de especulación actual es que la exposición a bajos niveles de ozono acelera el envejecimiento de los tejidos del hígado por la oxidación de ciertos compuestos en proteínas

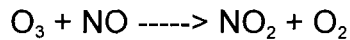
2.4.2 Química Atmosférica del Nitrógeno

El nitrógeno contenido en la atmósfera constituye el 78% por volumen del aire, lo que representa una reserva inagotable de este elemento esencial. Se piensa que una parte pequeña de nitrógeno es fijada en la atmósfera por rayos, y otras por los procesos de combustión, como las máquinas de combustión interna.

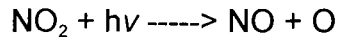
A diferencia del oxígeno, el cual es casi completamente disociado a la forma monoatómica en las regiones más altas de la termósfera, el nitrógeno no es fácilmente dividido por la radiación ultravioleta. Sin embargo, a altitudes que sobrepasan los 100 km., el nitrógeno atómico es producido por las reacciones fotoquímicas,



La mayoría del ozono estratosférico es, probablemente, removido por la acción del óxido nítrico, NO,



Los óxidos de nitrógenos, particularmente el NO y NO₂ (la suma de ambos es denominado NO_x), son especies clave involucradas en la contaminación del aire y en la formación de smog fotoquímico. El proceso fotoquímico más importante que involucra al NO₂ es su facilidad de disociación fotoquímica a NO y oxígeno atómico reactivo,



Esta reacción es el proceso fotoquímico primario más importante que inicia la formación de ozono.

2.4.3 Mecanismo de formación de Oxidos de Nitrógeno (NOx)⁴

Existen dos fuentes de óxidos de nitrógeno, NO y NO₂, en la combustión de los combustibles convencionales. El primero es la oxidación del N₂ atmosférico a las **altas temperaturas de combustión**. El NOx formado por esta ruta es referido como NOx térmico. La segunda fuente es la oxidación de **compuestos en la gasolina** que contienen nitrógeno. Los NOx formados por este camino se le llama NOx de combustible. La combustión de energéticos fósiles a las altas temperaturas es la fuente primaria antropogénica de NOx.

Formación de NOx térmico.

Debido a que las energías de activación de muchas de las reacciones de formación involucradas en el NOx térmico son altas, la tasa de formación del NOx térmico es fuertemente dependiente de la temperatura. El NOx térmico es formado durante la combustión de todos los energéticos fósiles en las regiones de temperatura máxima de la flama.

El mecanismo de la producción térmica de los NOx ha sido estudiada extensivamente. Esta formación térmica de NOx involucran el sistema oxígeno-nitrógeno y están efectivamente unidos a los procesos de combustión. La alta temperatura y la alta concentración de O₂, favorecen la formación de NO, y es la base de la mayoría de la tecnología de control de NOx térmico. Es decir, los NOx resultan de las reacciones que ocurren cuando una mezcla de oxígeno-nitrógeno se incrementa a una alta temperatura.

La formación térmica de NOx durante la combustión debe ser analizada como un proceso cinético, para lo cual es de mucha utilidad empezar por la composición de equilibrio de la mezcla oxígeno-nitrógeno como función de la temperatura. La composición de equilibrio da un estimado de las concentraciones posibles de NO y NO₂ con respecto a las temperaturas de combustión.

Las reacciones químicas clave en el sistema oxígeno-nitrógeno a temperaturas abajo de 4500°K son las siguientes (tabla 2.2),

Tabla 2.2 Constantes de velocidad para la producción de NOx térmico⁴

Reacción	Constante reacción $\text{cm}^2\text{molecula}^{-1}\text{seg}^{-1}$	Constante reacción reversible $\text{cm}^3\text{molecula}^{-1}\text{seg}^{-1}$
$\text{O}_2 + \text{M} \rightleftharpoons 2\text{O} + \text{M}$	$1.876 \times 10^{-6} T^{-1/2} \exp(-118,000/RT)$	2.6×10^{-33b}
$\text{O} + \text{N}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{N}$	$1.16 \times 10^{-10} \exp(-75,000/RT)$	2.57×10^{-11}
$\text{N} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO} + \text{O}$	$2.21 \times 10^{-14} T \exp(-7080/RT)$	$5.3 \times 10^{-15} T \exp(-39,100/RT)$

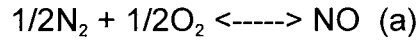
la disociación del N_2 a nitrógeno atómico llega a ser importante arriba de los 4500°K .

La primera reacción es simplemente la reacción disociación-recombinación del oxígeno. Las dos siguientes son reacciones de intercambio y son responsables de la formación de NO. Estas reacciones que tienen energías de activación altas tendrán velocidades que se incrementarán rápidamente con el incremento en la temperatura. Se supone que la disociación del oxígeno molecular no llegará a ser importante hasta cierta temperatura umbral, debido a su alta energía de activación. La reacción hacia adelante $\text{O} + \text{N}_2$ también tiene una alta energía de activación, aunque la reacción de reversa $\text{NO} + \text{N}$ tiene una energía de activación cero y es, de hecho, muy rápida. La reacción $\text{N} + \text{O}_2$ tienen una energía baja de activación de esta manera es rápida hacia adelante. Su reacción de reversa $\text{NO} + \text{O}$ tiene una energía de activación alta y así decrecerá su velocidad con un reducción en la temperatura.

En 1966, Ammann y Timmind presentaron un cálculo de la composición de equilibrio de l aire como función de la temperatura en un rango entre $1,000^\circ\text{K}$ y $7,000^\circ\text{K}$. Las conclusiones más importantes de este cálculo son:

1. La máxima concentración de NO se obtiene a los $3,500^\circ\text{K}$
2. La disociación del oxígeno molecular, O_2 , en oxígeno atómico es extenso arriba de los $3,000^\circ\text{K}$.
3. La disociación del nitrógeno, N_2 , es importante arriba de los $4,500^\circ\text{K}$ y la máxima fracción molar de NO alcanzada es 0.052

Si consideramos el calculo de equilibrio de la concentración de NO que es representada por la reacción global,



con la constante de equilibrio $K = 4.69\exp(-21,600/RT)$

en donde, también $K = x_{NO} / x_{N_2}^{1/2} x_{O_2}^{1/2}$ en donde x = fracción molar

Considerando una razón de átomos de nitrógeno a átomos de oxígeno como 4 (aproximadamente aire) y 40 (combustión de los gases a un 10% de exceso de aire).

Se puede usar,

$$x_{N_2} + x_{O_2} + x_{NO} = 1$$

$$(x_{NO} + 2x_{N_2}) / (x_{NO} + 2x_{O_2}) = \beta = \text{moles N/moles O}$$

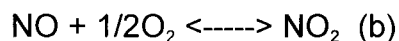
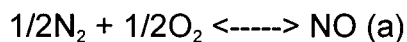
para obtener K como una función de x_{NO} y β . Los valores de la fracción molar del NO a las mismas 3 temperaturas son,

	T, °K		
β	2,000	3,000	4,000
4	0.00785	0.045	0.1
40	0.00295	0.0152	0.029

Conclusiones:

- El equilibrio de la fracción molar del NO se incrementa con la temperatura y decrece conforme aumenta la razón N/O, por lo que las condiciones de alta temperatura y alta disponibilidad de oxígeno será más conducente a la formación de NO.

Tratando de estimar la fracción molar de equilibrio para el NO₂ en un escape de la combustión, se sigue el mismo procedimiento que el anterior, considerando las dos reacciones,



con constantes de equilibrio a 1 atmósfera de presión,

$$K_1 = 4.69 \exp(-21,600/RT)$$

$$K_1 = x_{NO} / x_{N_2}^{1/2} x_{O_2}^{1/2}, \quad x = \text{fracción molar}$$

$$K_2 = 2.5 \times 10^{-4} \exp(13,720/RT)$$

$$K_2 = x_{NO_2} / x_{NO} x_{O_2}^{1/2}$$

y,

$$x_{N_2} + x_{O_2} + x_{NO} + x_{NO_2} = 1$$

y,

$$(2x_{N_2} + x_{NO} + x_{NO_2}) / (2x_{O_2} + x_{NO} + 2x_{NO_2}) = \beta = \text{moles N/moles O}$$

Asumiendo que el N_2 y O_2 no cambian como resultado de la ecuación (a), se toma,

$$x_{NO} = K_1 x_{N_2}^{1/2} x_{O_2}^{1/2}$$

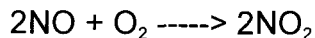
$$x_{NO_2} = K_1 K_2 x_{N_2}^{1/2} x_{O_2}$$

Los valores para la fracción molar NO_2 determinadas de esta manera se calcularon para el aire y para el gas de composición 3.3% O_2 y 76% N_2 a temperaturas de 298, 1273, 1873 °K,

	T, °K		
β	298	1,273	1,873
4	3.63×10^{-10}	9.69×10^{-6}	2.64×10^{-5}
40	5.59×10^{-11}	1.49×10^{-6}	4.05×10^{-6}

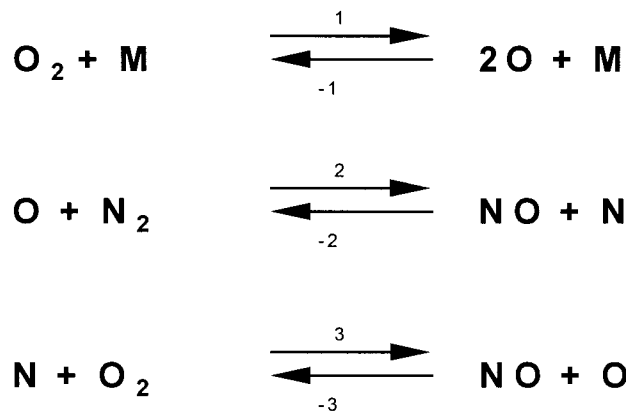
Conclusiones:

- Se concluye que virtualmente todo el NO_x formado en la combustión existirá como NO . En realidad una pequeña cantidad de NO puede ser convertido a NO_2 , 5% aproximadamente, en los gases de escape de un proceso de combustión por la reacción de tercer orden,



- No hay que olvidar que la formación térmica de NOx debe considerarse como un proceso cinético, debido a las escalas de tiempo muy cortas involucradas en la mayoría de los procesos de combustión.

De acuerdo al mecanismo propuesto por Zeldovich para la formación de NO del aire a altas temperaturas, es



Si se considera a estas ecuaciones desde el punto de vista cinético, el objetivo es derivar una ecuación de velocidad, para la velocidad de formación del NO como resultado de las ecuaciones anteriores.

Si denominamos a R_i como la velocidad de reacción y, entonces la velocidad de reacción para la formación de NO está dada por,

$$d[\text{NO}]/dt = R_2 - R_{-2} + R_3 - R_{-3}$$

[] = concentración

Para derivar una expresión para la velocidad de formación de NO se asume que:

1. El oxígeno atómico está en equilibrio para la primer reacción.
2. El nitrógeno atómico es formado y consumido a velocidad igual debido a la velocidad de las reacciones -2 y 3 con respecto a la reacción 2.
3. Existe exceso de aire.

De la asunción (1), tenemos que la concentración de oxígeno atómico obedece a,

$$[O] = (K_1[O_2])^{1/2}$$

en donde se asume que la concentración del tercer cuerpo M es incorporado a K_1

La segunda asunción establece físicamente que las reacciones que consumen N son lo suficientemente rápidas, tan rápidas como un átomo de N es producido por la reacción 2, éste es consumido virtualmente inmediatamente por las reacciones -2 y 3. Este comportamiento de las concentraciones de las especies se denomina aproximación de estado pseudo-estacionario (PSSA, pseudo-steady state approximation). De lo anterior el balance para los átomos de N con respecto a su formación y consumo sería,

$$R_2 + R_{-3} - R_{-2} - R_3 = 0$$

o,

$$k_2[O][N_2] + k_{-3}[NO][O] - k_{-2}[NO][N] - k_3[N][O_2] = 0$$

en donde [N] sería,

$$[N] = ([O](k_2[N_2] + k_{-3}[NO]) / ((k_{-2}[NO] + k_3[O_2]))$$

La asunción de que hay exceso de aire implica, $k_3[O_2] \gg$ (mucho mayor) $k_{-2}[NO]$, por lo que de la combinación de las ecuaciones anteriores, obtenemos la velocidad de formación del NO,

$$d[NO]/dt = k_f[N_2][O_2]^{1/2} - k_b[NO]^2[O_2]^{-1/2}$$

donde $k_f = 2K_1^{1/2}k_2$ y $k_b = 2K_1^{1/2}k_{-2}k_3/k_3$

Conclusiones:

- Las reacciones hacia adelante y de reversa 2 y -2 son muy rápidas y esta reacción está más o menos en equilibrio durante el proceso de templado.
- Conforme la temperatura disminuye, el equilibrio por las reacciones 2, -2 cambia hacia la izquierda, resultando en una reducción de NO
- La reacción hacia adelante de 3 es algo más lenta que cualquiera de las reacciones 2, -2, pero es cerca de un orden de magnitud más alta que la reacción inversa, -3. Consecuentemente, el O_2 es agotado por la reacción con N y el NO es destruido por las reacciones 2 y -2. Conforme el enfriamiento continua, la reacción molar de N decrece rápidamente, y un cambio en el equilibrio de la reacción 2,-2 conduce un marcado incremento de NO. De esta manera, conforme

los gases de la combustión se enfrían, el NO primero decrece y luego se incrementa. La fracción molar final de NO conseguida puede realmente ser más grande que aquella de la temperatura máxima de combustión, pero es más pequeña que el valor conseguido máximo.

- El proceso de templado (quenching process) es por lo tanto complejo, y una predicción final correcta de los niveles finales de NO requiere la integración de las ecuaciones apropiadas de velocidad a través de la historia tiempo-temperatura de los gases de combustión.

Formación de NOx de combustibles.

La oxidación de compuestos nitrogenados químicamente unidos en la molécula del combustible, produce el NOx de combustibles. La cantidad de nitrógeno contenido en los combustibles fósiles puede variar considerablemente, con cantidades insignificantes en el gas natural, con cantidades significativas encontradas en combustibles destilados, y cantidades de 0.5 a 3% por peso en combustibles más pesados tales como el petróleo residual, carbón y combustibles derivados del carbón. El contenido de nitrógeno en el carbón de E.U. varía de cerca de 0.8% por peso para la antracita a cerca de 2% por peso bituminosos volátil medio. Como es de esperarse, la cantidad de NOx de combustible producido en los procesos de combustión se incrementa con el contenido de nitrógeno en el combustible.

El principal factor que afecta la conversión del nitrógeno unido al combustible a NOx es la disponibilidad de oxígeno. Debido a que el nitrógeno atmosférico es extremadamente estable (energía de disociación $225 \text{ kcal mole}^{-1}$) en relación a las uniones de nitrógeno-carbón en las moléculas del combustible (la energía de disociación varía entre 60 a $150 \text{ kcal mol}^{-1}$), la energía de activación requerida para que el oxígeno reaccione con el nitrógeno en el combustible es considerablemente menor que el requerido para reaccionar con nitrógeno molecular. De esta manera, la formación de NO por la oxidación del nitrógeno en el combustible ocurre rápidamente y generalmente no es afectada por los cambios en la temperatura de combustión.

El mecanismo químico de la formación de NOx de combustible no ha sido establecido definitivamente. Muchas observaciones cualitativas se han dibujado de los estudios experimentales de la formación de NOx de combustible. La formación de NO parece ocurrir en escalas de tiempo comparables a la oxidación de hidrocarburos. La producción de NO es sensitivo al radio de equivalencia combustible-aire, con condiciones estequiométricas magras y cercanas que resultan en grandes rendimientos y flamas ricas con resultados en bajos rendimientos. La producción de NOx no es fuertemente dependiente de la

temperatura. La cinética del NO_x de combustible en relación a la cinética del NO_x térmico tiene la complejidad adicional de estar fuertemente unido al proceso de oxidación del hidrocarburo.

2.4.4 Compuestos Volátiles Orgánicos¹²

Los hidrocarburos son una clase de compuestos orgánicos que se componen solamente de carbono e hidrógeno. Los hidrocarburos están generalmente divididos en dos categorías: aromáticos y alifáticos. Los aromáticos son anillos o estructura de múltiples anillos que contienen enlaces sencillos y dobles. Los compuestos alifáticos son aquellos que contienen cadenas de carbono abiertas o anillo con o sin enlaces dobles o simples. Los alifáticos incluyen los alcanos, alquenos, alquinos y sus derivados.

Desde la perspectiva ambiental, los compuestos químicos orgánicos existen básicamente en tres diferentes categorías relacionadas con su volatilidad: compuestos orgánicos volátiles (VOC's , Volatil Organic Compunds), compuestos orgánicos semivolátiles, y compuestos orgánicos no-volátiles. Es importante mencionar que no hay líneas distintivas que puedan establecerse entre lo que es considerado volátil y semivolátil. En química ambiental, los compuestos son asignados a estas amplias categorías en la base de cual método analítico prueba ser el mejor para la detección del compuesto..

Los Compuestos Orgánicos Volátiles constituyen un grupo diverso de compuestos químicos, por lo que su definición, como ya lo habíamos mencionado, es un tanto difícil.

Para la EPA, un VOC es un compuesto químico del carbono, excluidos monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido carbónico, carburos metálicos, carbonato de amonio y metano.

En conjunto, se denominan solventes orgánicos. Son líquidos a condiciones estándar, presentan una alta tendencia a la evaporación, es decir, registra alta presión de vapor a condiciones normales de presión y temperatura.

Los VOC's tienen un alta presión de vapor que les permite evaporar rápidamente. En general, los VOC's son compuestos relativamente pequeños. Sus propiedades físico-químicas incluyen (Anexo C):

- alta solubilidad en agua
- alta presión de vapor

- alta constante de Henry
- bajo coeficiente de partición de carbón (K_{oc})
- alto coeficiente de partición agua-octanol (K_{ow})
- bajo factor de bioconcentración (BCF)

Analíticamente, la detección de estos compuestos es realizada tomando ventaja de su alta presión de vapor. En el caso de una muestra de agua o suelos se burbujea un gas puro (helio), de esta forma los compuestos son removidos de la muestra, y finalmente atrapados de la corriente de gas para el análisis instrumental.

Los VOC's pueden medirse por diferentes métodos. Algunos de ellos son:

1. Balance de masa líquido-vapor
2. Balance de masa vapor-vapor
3. Cromatografía
4. Ionización de flama (FID/FIA)

El método de balance de masa líquido-vapor es el más usado en el cálculo rápido de las emisiones de VOC's. Consta de dos variables: cuando se trata de solventes convencionales o cuando se trata de solventes base agua .

El método de balance de masa vapor-vapor es el menos utilizado. Sin embargo, gana mercado, pues entre otros beneficios hay consenso en que tiene menor rango de error que el método anterior; empero, su uso está restringido, ya que requiere de condiciones específicas dentro del proceso.

La cromatografía de gases se utiliza para conocer qué concentración existe de VOC's en los gases de salida del proceso.

El método detector de Ionización de flama o también conocido como Analizador de Ionización de flama (FID/FIA), es común en Europa y Estados Unidos. El equipo es calibrado previamente con un gas patrón. Este método está legislado y es autorizado para el muestreo de los Compuestos Orgánicos Volátiles emitidos a la atmósfera.

Durante años, privó el desconocimiento y descontrol de los VOC's. Su captura para un proceso de producción no podía ser el punto focal de un proyecto. Hoy sabemos que los sistemas de captura de los VOC's son parte importante del costo total del proyecto y su eficiencia. En la mayoría de procesos, los VOC's pueden seguir cuatro rutas:

1. Escapar dentro del área en la cual el equipo de producción está localizado. En este caso, los vapores de solvente son conocidos como VOC's fugitivos.

2. Los vapores de solvente pueden escapar del equipo de producción (hornos, prensas de recubrimientos, secadores, etc.,) pero son conducidos a través de una chimenea. Se les conoce como VOC's capturados.

3. Si los VOC's son parcial o totalmente oxidados en el equipo de producción, éste los recircula a través del horno para, en el mejor de los casos, recuperar energía. VOC's consumidos.

4. Si los vapores permanecen al final del producto, son VOC's retenidos, aunque el término más común es solventes retenidos.

La eficiencia de los equipos puede aumentar si se toman medidas para que las cuatro rutas queden sujetas a la captura. En realidad, controlar el total de VOC's en un proceso es problemático. Sería muy aventurado señalar que un equipo de control puede reducir la generación de VOC's hasta 100%. Teóricamente se podría lograr si las rutas son controladas y sometidas al sistema de captura, pero en la práctica esto es sumamente difícil y costoso. Incluso, de llevarse a cabo, es improbable llegar al 100% de reducción..

Actualmente se dispone de una gran variedad de equipos para el control de VOC's con ventajas y desventajas, posibilidades costo-beneficio, tamaños, marcas y con rangos de eficiencia muy semejantes entre sí.

Los métodos utilizados para la reducción de VOC's en los equipos de control son:

- a) Oxidación térmica
- b) Oxidación catalítica
- c) Recuperadores de solvente
- d) Térmico-regenerativos

Lo significativo en el control del VOC's es que sea cual sea el sistema a utilizar, debe ser hecho a la medida, a fin de no emplear el equipo más caro o el más barato, ni el más grande ni el más pequeño, sino aquel que cubra satisfactoriamente las necesidades del proceso al mejor costo beneficio.

2.4.5 Contaminación de la Atmósfera Urbana: Ozono.

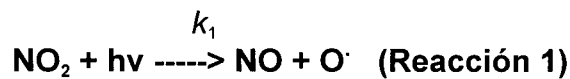
El smog, la deposición ácida, y el agotamiento del ozono estratosférico son resultado de reacciones químicas atmosféricas. Los contaminantes primarios

reaccionan para alterar la composición química del aire. Estas reacciones pueden ocurrir homogéneamente en el gas o en fase líquida, o heterogéneamente, involucrando el transporte de contaminantes gaseosos desde gotas y partículas de hielo.

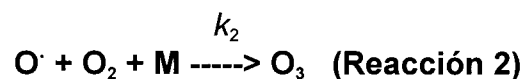
La contaminación del aire urbano está comprendida por una mezcla altamente compleja de gases y componentes particulados. Además, la atmósfera urbana es una gran reactor químico en el cual los gases contaminantes como hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y azufre reaccionan bajo la influencia de la luz solar para crear una gran variedad de productos, incluyendo ozono y aerosoles.

Existen dos sistemas involucrados en la producción de ozono y otros fotoquímicos oxidantes. Primero está el ciclo fotolítico de formación de ozono, y segundo está la oxidación de orgánicos que llevan a aumentar la formación de NO_2 . Los dos están estrechamente ligados por la producción y ciclos de especies radicales altamente reactivas.

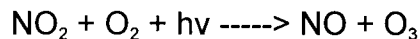
La reacción responsable de virtualmente toda la formación de ozono en la tropósfera baja es la *****fotólisis del NO_2***** ,



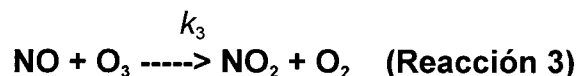
donde hv , como se vió anteriormente, representa la energía derivada por la interacción con los fotones de la luz solar. El radical O^\cdot (oxígeno atómico), reacciona rápidamente con el oxígeno molecular para formar ozono,



las dos reacciones pueden ser combinadas,



El ozono puede reaccionar entonces con,



donde M representa el N_2 u O_2 u otra tercer molécula que absorbe el exceso de energía vibracional y por medio de esto estabiliza al O_3 .

Estas tres reacciones son el ciclo fotolítico, y el total no tiene como resultado una producción neta de ozono. Considerando la dinámica de este sistema reactivo en la cual las tres reacciones anteriores toman lugar. Asumiendo que la concentración inicial conocidas de NO y NO₂, [NO] y [NO₂], en el aire son colocadas en el reactor con volumen constante a una temperatura constante y es irradiado. La tasa de cambio de cambio de la concentración de NO₂ después de que la irradiación empieza está dada por,

$$d[\text{NO}_2]/dt = -k_1[\text{NO}_2] + k_3[\text{O}_3][\text{NO}]$$

[] = concentración.

Tomando [O₂] como constante, existen cuatro especies en el sistema: NO₂, NO, O y O₃. Considerando las ecuaciones dinámicas para NO, O, y O₃, tenemos,

$$d[\text{O}]/dt = k_1[\text{NO}_2] - k_2[\text{O}][\text{O}_2][\text{M}]$$

si se evalúa numéricamente la parte derecha de la ecuación podríamos encontrar que es muy cercana a cero. Físicamente, esto significa que el átomo de oxígeno es tan reactivo que desaparece por la reacción 2 virtualmente tan rápido a como se forma por la reacción 1. Esto ya lo habíamos comentado anteriormente: cuando se trata con especies altamente reactivas como el átomo de oxígeno, es conveniente usar la aproximación de estado-pseudoestacionario (PSSA, pseudo-steady state approximation) y se este modo asumir que la velocidad de formación es exactamente igual a la velocidad de desaparición por lo que la ecuación quedaría,

$$k_1[\text{NO}_2] = k_2[\text{O}][\text{O}_2][\text{M}]$$

por lo que la concentración del átomo de oxígeno en estado estacionario sería,

$$[\text{O}] = k_1[\text{NO}_2]/k_2[\text{O}_2][\text{M}]$$

La [O] no es constante, varía con [NO₂] en tal modo que en cualquier instante el balance es logrado entre su velocidad de producción y pérdida. Lo que esta aproximación realmente significa es que la [O] se ajusta a los cambios en [NO₂] en muchas órdenes de magnitud más rápido que los cambios en [NO₂].

$$d[\text{O}_3]/dt = k_2[\text{O}][\text{O}_2][\text{M}] - k_3[\text{O}_3][\text{NO}]$$

sustituyendo [O],

$$d[O_3]/dt = \frac{k_2 k_1 [NO_2][O_2][M] - k_3 [O_3][NO]}{k_2 [O_2][M]}$$

La concentración de ozono en estado estacionario es, $d[O_3]/dt = 0$,

$$[O_3] = k_1 [NO_2] / k_3 [NO]$$

Esta expresión, resultante del análisis de estado estacionario de las reacciones 1, 2 y 3 se le denomina **relación de estado fotoestacionario**.

La concentración de ozono, $[O_3]$, en estado estacionario es proporcional a la razón $[NO_2]/[NO]$. Es necesario calcular $[NO_2]$ y $[NO]$. Estas relaciones se pueden obtener de la conservación del nitrógeno,

$$[NO] + [NO_2] = [NO]_0 + [NO_2]_0$$

y de la reacción estequiométrica de O_3 con NO ,

$$[O_3]_0 - [O_3] = [NO]_0 - [NO]$$

Resolviendo para $[O_3]$, se obtiene la relación para la concentración de ozono, $[O_3]$, formado en el estado estacionario por la irradiación a una mezcla de NO , NO_2 , O_3 y exceso de O_2 (en las cuales las reacciones de 1,2 y3 son las importantes),

Si $[O_3]_0 = [NO]_0 = 0$,

$$[O_3] = \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{k_1}{k_3} \right)^2 + \left(\frac{4k_1}{k_3} \right) [NO_2]_0 \right\}^{1/2} - \left(\frac{k_1}{k_3} \right)$$

Un valor típico de la razón $k_1/k_3 = 0.01$ ppm (en donde k_1 depende de la radiación solar incidente),

$$[O_3] = \frac{1}{2} \left\{ (0.01)^2 + 0.04 [NO_2]_0 \right\}^{1/2} - 0.01$$

Haciendo los cálculos para la concentración de ozono, O_3 , lograda como función del tiempo de la concentración inicial dada de NO_2 , $[NO_2]_0$, y $[O_3]_0 = [NO]_0 = 0$,

$[NO_2]_0$, ppm	$[O_3]$, ppm
0.1	0.027
1.0	0.095

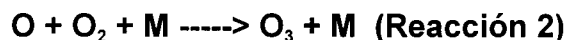
Por otro lado, si $[NO_2]_0 = [O_3]_0 = 0$, entonces si no hay NO_2 no existen medios para producir ozono. De esta manera, la máxima concentración de ozono, $[O_3]$, en estado estacionario será lograda con una carga inicial de NO_2 puro.

Por supuesto, las concentraciones de ozono que se alcanzan en las atmósferas urbanas son, muchas veces, más grandes que las que resultan en los cálculos. Sin embargo, lo que sabemos es que la mayoría de los NO_x son **emitidos en la forma de NO y no en NO_2** . Así, con emisiones principalmente de NO, la concentración de ozono alcanzada, si fuera gobernada solamente por las reacciones reacciones 1, 2 y 3, estaríamos demasiado, excesivamente abajo de las concentraciones actuales observadas de ozono.

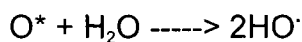
- Por eso se concluye que existen otras reacciones diferentes de las reacciones 1,2 y 3, que son importantes en la atmósfera urbana, en donde existen concentraciones altas de ozono.

El camino de reacción que convierte el NO a NO_2 sin consumir una molécula de ozono evitando la reacción 3 y que permita la acumulación de ozono, es suministrado por la presencia de hidrocarburos (VOC's), en particular los radicales peroxi producidos en la oxidación de moléculas de hidrocarburos, para reaccionar con el NO y formar NO_2 , por medio esto cambiar la relación fotoestacionaria en favor de la producción y acumulación de ozono.

Estos radicales peroxi, RO_2 en donde R es un grupo alquil, reaccionarían así,

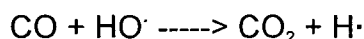


La velocidad de producción de ozono, O₃, esta íntimamente relacionada a la velocidad de producción de RO₂. La producción de radicales peroxi orgánicos se debe en gran parte por el ataque del **radical hidroxil**, HO·, a los hidrocarburos.



Como ya se mostró anteriormente, la **clave** para entender la química orgánica atmosférica es el **radical hidroxil**, HO·. Este radical, a diferencia muchos fragmentos moleculares formados de moléculas con carbón, no es reactivo con el oxígeno, por lo que sobrevive para reaccionar con la mayoría de las especies traza de la atmósfera, tales como hidrocarburos, aldehídos y monóxido de carbono.

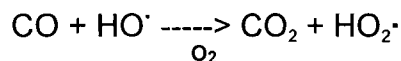
El monóxido de carbono reaccionará con el radical hidroxil, HO·,



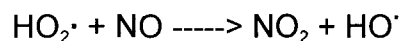
y el átomo de hidrógeno formado reaccionará rápidamente con el O₂, para formar el radical hidroperoxil,



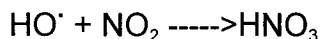
que simplificada quedaría,



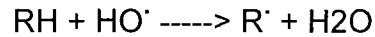
para que después el radical hidroperoxil, HO₂· reaccione con el NO para formar NO₂ y regenerar el radical hidroxil,



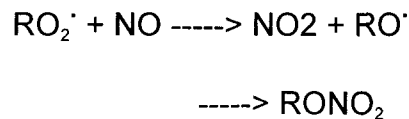
y finalmente, el HO· y el NO₂ pueden reaccionar para formar ácido nítrico, HNO₃,



La reacción de este radical con muchos hidrocarburos (alcanos, parafinas, que constituyen la clase mayor de emisiones antropogénicas de hidrocarburos) conduce a la formación de radicales peroxialkil (radicales peroxi, del grupo alkil),



Retomando algunas reacciones anteriores, los radicales peroxialkil reaccionan rápidamente con NO para formar NO₂ y otros radicales libres,



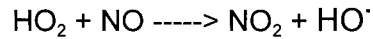
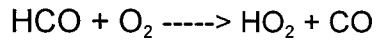
con concentraciones de NO arriba de 30 ppt (partes por trillón), la reacción con NO es el camino de reacción para los radicales RO₂.

La reacción del radical hidroxil con aldehídos (RCHO, carbonilos: aldehídos y cetonas) forma el radical acil (RCO[·]) y radicales acilperoxi (RC(O)O₂[·]) en reacciones similares,



Los radicales peroxi (RO₂ y RC(O)O₂) convierten eficientemente el NO a NO₂. La clave de la química es el radical libre formado como resultado de la reacción con HO[·] con un hidrocarburo que participará en muchos pasos de propagación (conversión de NO a NO₂) antes de su extinción. Este proceso que involucra radicales libres con contenido de oxígeno suministran los caminos para la oxidación de NO a NO₂ sin involucrar a la reacción 3, y por lo tanto al ozono, O₃, lo que permite la subsecuente acumulación de ozono.

Para iniciar todo el proceso se necesita una fuente inicial de radicales libres. En el sistema CO-NO_x-Aire, la fotólisis de ozono, con la subsecuente reacción de O[·] con vapor de agua, sirve como la fuente inicial del radical hidroxil, HO[·], mientras que el sistema formaldehído-NO_x-Aire, la fotólisis del HCHO es la fuente inicial. La fotólisis de las moléculas de aldehídos, es de hecho, una fuente importante de radicales libres atmosféricos,



También una importante fuente de radicales hidroxil, HO[·], es el ácido nitroso (HONO) que alcanza concentraciones en la atmósfera urbana contaminada de 1 a 10 ppb, con niveles máximos justo antes del amanecer,



lo que suministra una fuente de HO[·], muy temprano en la mañana.

Durante el curso de la reacción en cadena, el banco de radicales libres es mantenido por muchas fuentes, pero uno de los principales es la fotólisis de aldehídos formados de los hidrocarburos iniciales.

La química de los óxidos de nitrógeno en una atmósfera con contenido de orgánicos se resume como:

- el fenómeno mayor observado en el sistema es la conversión de NO a NO₂.
- también la formación de una variedad de especies nitrogenadas, como el ácido nítrico (HNO₃), nitratos peroxiacil, y la acumulación de ozono, O₃.
- el NO₂ sirve tanto como iniciador y terminador de reacciones en cadena que resultan en la conversión de NO a NO₂ y al aumento de O₃. La terminación de la reacción en cadena lleva a la formación de ácido nítrico (HNO₃) y nitratos orgánicos.

2.5 Control de la contaminación del aire

El control de la contaminación del aire es un proceso de tres pasos:

1. Los niveles de calidad del aire aceptables son estipulados vía la acción reguladora. Entonces la fuente de emisiones contaminantes debe ser identificada, junto a como afectan la calidad del aire desarrollando relaciones fuente-calidad del aire.

2. Identificación de los medios para controlar esas emisiones.

3. Construcción de la estrategia para la implantación.

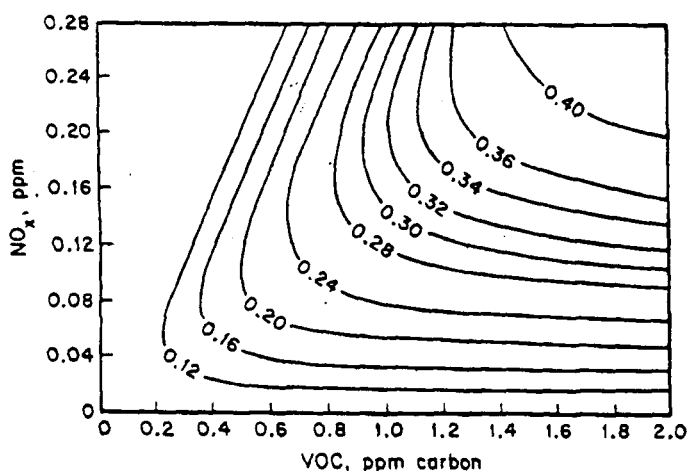
Lo óptimo sería el menor costo, el mayor mejoramiento de la calidad del aire, la más alta probabilidad de éxito.

A pesar de los esfuerzos e inversiones para controlar las emisiones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, la reducción en las concentraciones de ozono han sido modestos en E.U., aproximadamente 10% entre 1979 y 1985. Los efectos de los controles de emisiones de precursores (contaminantes primarios) en las concentraciones de ozono es complejo, depende de las condiciones meteorológicas, de la cantidad absoluta y relativa de VOC's y NOx, y los antecedentes de concentraciones de ozono y sus precursores.

Existe un acuerdo general en que las reducciones en las emisiones de hidrocarburos llevará a una reducción de ozono (excepto a razones muy altas VOC/NOx donde los niveles de ozono permanecen sin cambio). El papel de los NOx en la formación de ozono, sin embargo, depende de los niveles de VOC's. Donde los VOC's son abundantes en relación al NOx (proporción VOC /NOx del orden de 20ppmC/ppm, donde ppmC son partes por millón por volumen de átomos de carbono) existe una falta de NO que pueda ser oxidado por los radicales peroxi. La formación de ozono es controlada, en este caso, primariamente por la cantidad de NOx disponible y reduciendo NO se reduce la formación de ozono.

A proporciones bajas de VOC/NOx, del orden de 5ppmC/ppm, la formación de ozono es limitada por la cantidad de VOC's disponibles ya que el retiro de O₃ por las reacciones NO-O₃, es más efectiva que la de la oxidación de NO₂ a NO por el radical peroxi. Además, la reacción NO₂-HO·, que forma ácido nítrico compite efectivamente con los VOC's por el HO·, por medio de eso inhibe la formación la formación de radicales peroxi. Reducir NOx bajo esas condiciones lleva a un incremento en la formación de ozono ya que favorece la reacción radical peroxi-NO. Conforme la emisiones de NOx son reducidas, la velocidad de formación de ozono se incrementa y los niveles de ozono cercanos a la región fuente de NOx se incrementará. De los niveles de ozono vientos abajo puede esperarse una reducción, aunque las cantidades actuales tienen que simularse por computadora.

Figura 2. 6 Isopletas²



La EPA , históricamente, ha animado exclusivamente a los controles de VOC's para el abatimiento de ozono porque los controles en VOC's han sido más baratos y más rápidamente disponibles que para los NO_x, y porque reducciones simultáneas de VOC's y NO_x frecuentemente no se estiman tan efectivas para el control de ozono como tener solo las reducciones de VOC's. La cuestión principal aquí es, hasta que punto se deben invocar controles en NO_x para más disminución de ozono, en vista del hecho de que los controles en VOC's por sí solos no parecen haber sido tan efectivos en la reducción de ozono, como en un principio se estimó. En este sentido, existe demasiada evidencia de que los inventarios de emisiones de VOC's en las áreas urbanas pueden estar seriamente subestimados, y por lo tanto las reducciones en ozono son menores a las originalmente pronosticadas.

Los factores de emisiones por fuente móviles deben ser verificadas, como podría ser monitores en túneles de carreteras, modelos para la distribución temporal y espacial de tráfico deben también ser verificados. La reconciliación de inconsistencias entre emisiones históricas estimadas de hidrocarburos y las tendencias de ozono deben ser probadas.

Las concentraciones pico de ozono en partes ppm como una función de niveles iniciales de VOC's y NO_x se muestran en la figura 2.6. Esta gráfica fue generada usando el método EKMA de la EPA bajo condiciones estándar.

La utilidad de este diagrama es que permite vislumbrar las estrategias de control de largo plazo para la reducción de ozono. Las estrategias que siguen la cresta hacia el origen serán menos efectivas en la reducción de ozono que las que

favorecen un descenso mayor de la cresta. Las estrategias que favorecen la reducción del precursor limitante descenderán más rápidamente. Las que favorecen las reducciones del precursor no limitante, aumentan, cruzan la cresta y luego descienden. Para juzgar si favorecer una estrategia ya sea de reducción de VOC's o NOx para la reducción de ozono, se debe saber en cual lado de la cresta y que tan lejos de la línea de la cresta está ubicada la región. El ozono, desde luego, no es el único contaminante secundario que requiere de atención. Las posiciones de las isopletas de ozono es el diagrama como el de la figura variarán con la ubicación en una área urbana por lo que el uso de un simple diagrama para definir las estrategias de control para un área urbana no es válido. Aunque los rostros generales para estos diagramas son duplicados virtualmente en todos los sistemas de smog fotoquímico, la localización actual de las isopletas de O₃ dependen de condiciones específicas de irradiación, componentes particulares de la mezcla orgánica, la intensidad de la luz y otros factores.

Aquí la cuestión es, que para que el ozono sea formado se necesitan NOx y VOC's . Si uno de los dos se encuentra en exceso, los niveles de ozono pueden no responder a su reducción. La tarea es entonces mostrar si controlando uno de los precursores o los dos es el camino más efectivo para reducir el ozono.

1. Regulaciones para la calidad del aire.

Un estándar de calidad del aire manda el cumplimiento de un nivel prescrito para la limpieza atmosférica, por lo que las concentraciones de contaminantes deben estar igual o más abajo del nivel prescrito. Un estándar de emisión difiere del estándar de calidad del aire, en la que la emisión o flujo de masa o volumen de una fuente es limitada a estar abajo de un valor especificado, o un cierto tipo de control debe ser usado. Estos estándares de emisión pueden impactar por ejemplo a todos los automotores. Los estándares que se hacen más estrictos es con el objetivo de reducir las emisiones de VOC's, CO, NOx, y materia particulada.

La contaminación que involucran el transporte transfronterizo de contaminantes han sido difíciles de tratar desde una perspectiva regulatoria.

2. Determinación de relaciones Fuente de emisión- calidad del aire.

Existen tres medios para determinar relaciones fuente-calidad del aire.

Los estudios de campo son los medios tradicionales y han sido últimamente soportados por modelación matemática. En la actualidad, dos o tres de las

técnicas son generalmente utilizadas en conjunto. Los estudios de campo que establecen el impacto de la fuente pueden usar indicadores, ya sea identificando el componente de la emisión de un contaminante o emitiendo el indicador junto con los contaminantes. La perturbación de emisiones tomando huellas del químico y balance de masa han sido técnicas que se ha empleado efectivamente.

Uno de las formas más directas de establecer el impacto que una fuente tiene sobre la calidad del aire, es quitando la fuente y ver que pasa. Esto es rara vez viable. Un método menos drástico es perturbar y seguir como responden las concentraciones del contaminante. Muchas veces esto se puede realizar pasivamente, conforma las fuentes varían sus emisiones de acuerdo a los cambios en la demanda. Sin embargo, cambios en las condiciones meteorológicas pueden inhibir la reconciliación fuente-impacto detallado.

Muchas fuentes emiten una cantidad variada de contaminantes bien caracterizado que puede ser peculiar a un simple tipo de actividad. Cuando es usado con modelos matemáticos de regresión, es un método muy poderoso para cuantificar la contribución de las fuentes a las concentraciones de contaminantes en el aire.

Los modelos físicos simulan los procesos atmosféricos con una representación a escala de la atmósfera en un laboratorio. Túneles de viento y modelos a escala de estructuras de ciudades se usan para estudiar el transporte de contaminantes a través de calles y edificios. Un segundo modelo físico es una cámara de smog usada para estudiar la química atmosférica. Los gases reactivos, como el NO_x y VOC's inyectados dentro de cámaras de gases y bolsas de teflón son expuestos a la luz del sol. La radiación que maneja la química, y la evolución de los contaminantes es monitoreada. Sin embargo, los modelos físicos son de aplicación limitada.

Actualmente, los modelos matemáticos son las herramientas más poderosas disponibles para establecer relaciones fuente-calidad del aire. Estos modelos incorporan el conocimiento humano de los detalles del transporte y química atmosférica e integran este conocimiento dentro de un sistema estructurado. La limitación principal de los modelos matemáticos son el conocimiento de los detalles de la química y física de la atmósfera, y la habilidad para describir los procesos matemáticamente. Los modelos matemáticos pueden ser de dos tipos:

1. Empíricos/estadísticos basados en el establecimiento de relaciones estadísticas entre valores de la calidad del aire previos y las actuales emisiones.
2. Determinísticos, describen de una manera fundamental los procesos individuales que afectan la evolución de la concentración de contaminantes.

En la actualidad los mayores usos han sido para modelar áreas locales y urbanas. La habilidad para modelar química y transporte atmosférico desde un enfoque global está aún siendo mejorado.

3. Dispositivos de control.

Las emisiones pueden ser controlados por tres medios:

1. Remoción de la fuente (al menos reducir su uso)
2. Bajar las emisiones vía un dispositivo para alterar las características de la emisión
3. Mover el punto de emisión

Tabla 2.3 Dispositivos de Control comúnmente usados²

Fuente	Contaminante	Dispositivo de control
Automóviles	CO, VOC NOx	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación catalítica • Combustible alternativo • Mezcla de combustibles • Recirculación del gas de escape (EGR) • Reducción catalítica
Camión Diesel	Materia particulada	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible alternativo • Trampa partículas
Boiler estacionarios y calentadores	SO ₂ Materia particulada NOx	<ul style="list-style-type: none"> • Combustible alternativo • limpieza combustible • Purificador de gas (scrubber) • Precipitación electrostática (ESP) • Filtro • Ciclón • Inyección de amonia con o sin catalizador. • Combustión expuesta
Máquinas de combustión interna estacionarias	NOx	<ul style="list-style-type: none"> • Recirculación de gases de escape • Reducción catalítica
Ventilación de gases orgánicos	VOC's	<ul style="list-style-type: none"> • Catalizador • Quemador
Operaciones metalúrgicas	Materia Particulada	<ul style="list-style-type: none"> • ciclones • Precipitación

	CO, VOC's	electrostática <ul style="list-style-type: none"> • Filtro • Quemador • Flameador
--	-----------	--

Muchos dispositivos de control son destinados a la reducción del flujo de masa del contaminante. Para los dispositivos de combustión, los controles incluyen cambio de combustible, limpieza de combustible, modificaciones de condiciones de combustión y limpieza en el escape. El dispositivo de control más familiar es el catalizador del automóvil usado para reducir NOx, VOC's y CO. Además, los automóviles usan la recirculación de gases de escape para enfriar la combustión y bajar los NOx.

Para controlar la evaporación de gasolina se usa un dispositivo que absorbe los vapores y puede llegar a tener reducciones de hasta un 90% por automóvil. Un control menos obvio ha sido reformular la gasolina para reducir la presión de vapor y bajar las emisiones de VOC's.

La remoción de plomo de la gasolina tiene dos propósitos:

1. Reduce el plomo en la atmósfera
2. Elimina el envenenamiento del convertidor catalítico por plomo

El uso de combustibles más "limpios" como el metanol, gas natural, hidrógeno o vehículos eléctricos es otro medio para la reducción de contaminación.

En cambio, el control de la emisión de gases orgánicos de fuentes estacionarias ha dependido de modificaciones al proceso, reformulación de solventes. La modificación de procesos puede involucrar procedimientos de aplicación o el uso de dispositivos de colección (como quemadores). La reformulación de solventes depende del uso de solventes menos reactivos, tales como el agua. El filtro de carbón vegetal puede ser usado para absorber los vapores orgánicos.

El SO₂ puede ser removido de los gases de escape por purificación húmeda o seca. La corriente de salida es pasada a través de una ducha de material alcalino como la cal. Las partículas en la ducha absorben el contaminante. Un desventaja de este tipo de control es que produce un residuo sólido o líquido que debe ser tratado o dispuesto.

El control de la materia particulada es muy diferente de la del control de los gases. La separación inercial es muy efectiva para partículas grandes. Las

partículas más pequeñas pueden ser removidas por filtración colección electrostática.

El control de los contaminantes que causan el calentamiento global y el agotamiento de la capa de ozono estratosférico es probablemente la más difícil. Las emisiones de CO₂ están estrechamente ligadas a la generación de energía. Bajar las emisiones de CO₂ requeriría el desarrollo y uso de fuentes alternas de energía o de la conservación de la misma (ahorro de energía).

El control de la contaminación puede ser muy caro. Los dispositivos de control propuestos cuestan miles de dólares por tonelada de contaminantes removido, por lo que existe una necesidad real de identificar la medida de control más efectiva en costo para mejorar la calidad del aire.

Las siguientes dos figuras representan el proceso de planeación de la calidad del aire y resumen el proceso de control de la contaminación del aire. Las metas de calidad del aire se establecen para proteger la salud y reducir la degradación ambiental. Las estrategias de control están diseñadas para alcanzar esas metas. Los modelos matemáticos son usados para probar las estrategias propuestas y relacionar las emisiones a las concentraciones del contaminante y al impacto ambiental. El proceso de retroalimentación continua hasta se adoptan controles factibles desde el punto de vista técnico, económico y político.

Figura 2. 7 Modelo de Planeación de Calidad del Aire⁴

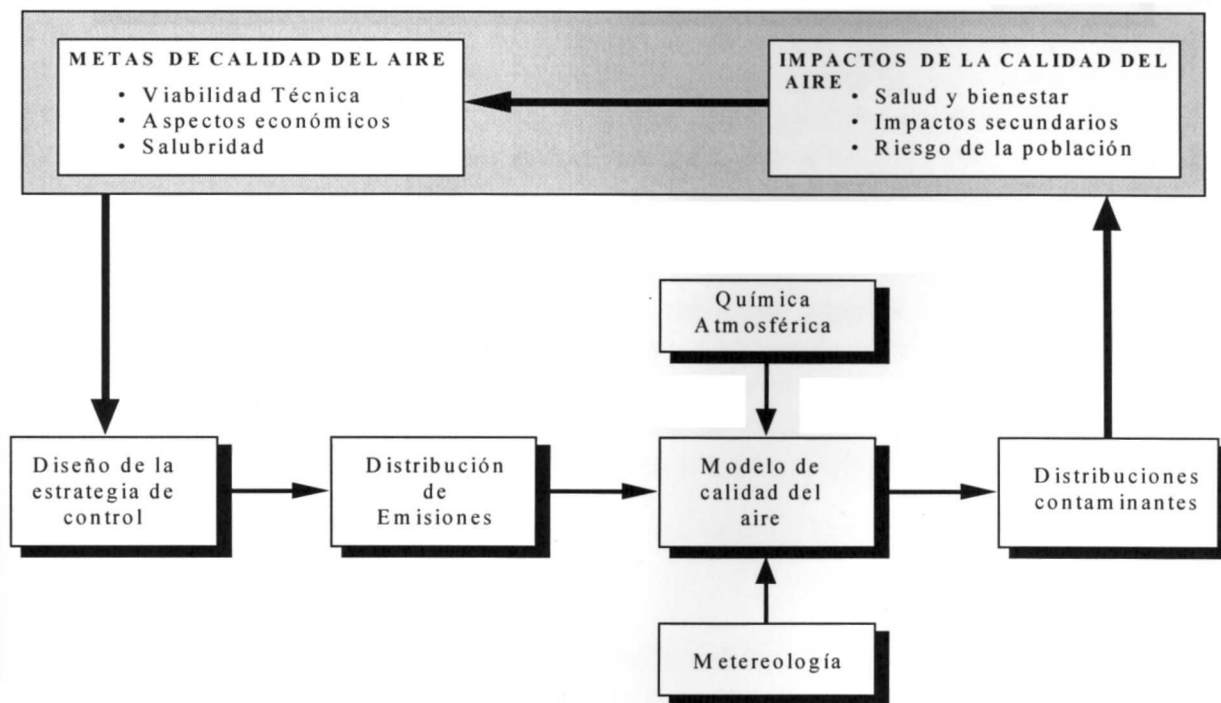
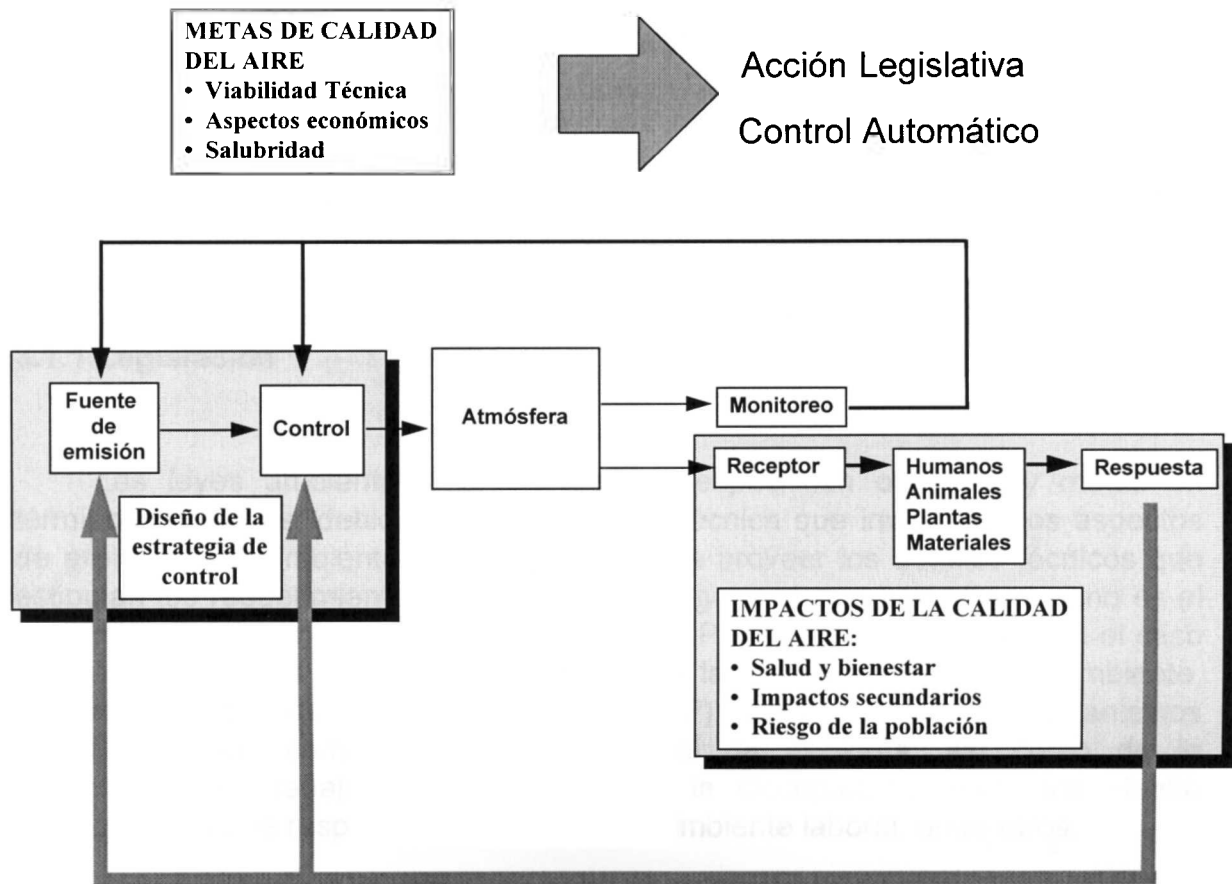


Figura 2. 8 Planeación de la calidad del aire y control de la contaminación



CAPITULO 3

CONTAMINACION ATMOSFERICA

3.1 Antecedentes Ambientales en Estados Unidos

3.1.1 Legislación

Las leyes ambientales ordinariamente especifican objetivos y metas en términos generales, debido a la complejidad técnica que involucran los aspectos de protección al ambiente. Los encargados de proveer los detalles técnicos que estipulan los requerimientos exactos son las agencias administrativas como es el caso de la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos, en el caso de México a través de las Secretarías como la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) y sus diferentes organismos descentralizados como el Instituto Nacional de Ecología, así como de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, la Occupational Safe and Health Agency, en lo que respecta a cuestiones del ambiente laboral, entre otros.

La legislación ambiental en Estados Unidos data de 1969 con la National Environmental Policy Act, NEPA), cuyos principales objetivos son: “Declarar una política nacional que fomente una armonía productiva y agradables entre el hombre y su ambiente, promover esfuerzos para prevenir o eliminar los daños al ambiente y a la biósfera, y estimular la salud y el bienestar del hombre, enriquecer el conocimiento de los sistemas ecológicos y de los recursos naturales...”.

En el caso de México, la legislación ambiental parte de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente y se fundamenta en la determinación de los valores máximos de concentración de contaminantes sin que ocasionen un daño a la salud del ser humano. Esta ley data de 1988 y se encuentra dividida en seis títulos, que agrupa 194 disposiciones en materia ambiental y que regulan las siguientes materias:

1. Disposiciones generales
2. Areas naturales protegidas
3. Aprovechamiento racional de los elementos naturales

4. Protección al ambiente (aire, agua, suelo, actividades riesgosas, residuos peligrosos, energía nuclear, ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica, olores y contaminación visual).
5. Participación social
6. Medidas de control y de seguridad y sanciones.

Las leyes y normas son publicadas como **Regulaciones**. En los Estados Unidos estas regulaciones son diseminadas en el **Federal Register** publicado diariamente, en el caso de México en el **Diario Oficial de la Federación** como **Normas Oficiales Mexicanas** (NOM). Habitualmente, las regulaciones son publicadas primeramente como “propuesta” o como “proyectos” para permitir a las partes interesadas comentar acerca de las regulaciones. Después de este periodo de comentarios, la agencia que las edita puede revisar el propósito a la luz de los comentarios recibidos y entonces publicar la regulación final que es una obligación legal.

Las regulaciones y reglas federales publicadas en Federal Register de Estados Unidos son codificadas en el “Code of Federal Regulations” (CFR). El Título 40 (Title 40) de este Código cubre todo lo relacionado a la Protección al Ambiente.

3.1.2 Decreto de Aire Limpio (Clean Air Act, CAA)

El Decreto de Aire Limpio (CAA) originalmente aprobado en 1970, ha sufrido enmiendas en muchas ocasiones, entre las que se encuentran las más extensivas realizadas en 1977 y en 1990.

El decreto de aire limpio consiste de iniciativas mayores para lograr y mantener los Estándares Nacionales de Calidad del Aire (National Ambient Air Quality Standards) para asegurar que todas las nuevas fuentes potenciales de emisiones a la atmósfera tengan la Mejor Tecnología Disponible para el Control de la Contaminación (Best Available Pollution Control Technology) y también para asegurar que las emisiones de contaminantes peligrosos al aire (hazardous air pollutants, HAP) son controladas al máximo posible tanto en fuentes existentes como en nuevas. Las enmiendas de 1990 ordenaron un programa amplio de permisos de operación aplicable a todas las fuentes de emisión mayores en el país.

Los Estándares Nacionales de Calidad del Aire representan la piedra angular de los programas de aire limpio en los Estados Unidos. El Decreto de Aire Limpio en 1970 requería que la EPA investigara y describiera los efectos ambientales de

los contaminantes emitidos a la atmósfera por fuentes fijas y móviles que pudieran tener un efecto adverso para la salud humana o el ambiente. Estas investigaciones determinan cuales contaminantes deben ser regulados y además son usados para establecer los Estándares nacionales de Calidad del Aire (**NAAQS: National Ambient Air Quality Standards**).

El valor de un estándar NAAQS es la concentración que no debería ser excedida en ningún lugar de los Estados Unidos. Estos estándares no deben ser confundidos con los **estándares de emisión**. Los **NAAQS** establecen la meta para el logro de la calidad del aire, mientras que los estándares de emisión regulan las fuentes de emisión para lograr y mantener los estándares del aire establecidos por los estándares NAAQS.

En otras palabras, la motivación para el estudio de la contaminación del aire es con el fin de implantar su control y reducción. Más específicamente, el objetivo es controlar las fuentes de contaminación de tal manera que las concentraciones de contaminantes en el ambiente sean reducidas a niveles considerados seguros desde el punto de vista de los efectos indeseados.

Los contaminantes para los cuales se establecen los NAAQS son clasificados como contaminantes críticos ya que deben ser establecidos en la base de un criterio de salud o impacto ambiental. Los NAAQS especifican la concentración permitida de estos contaminantes críticos en la atmósfera. Estos estándares no son directamente obligatorios pero son logrados a través de límites en las fuentes de emisión establecidos en cada estado y basados sobre el nivel de control que se estima es necesario para lograr los NAAQS.

Dentro de las enmiendas hechas al Decreto de Aire Limpio se establecieron dos clases de estándares nacionales de calidad del aire:

- Estándares Primarios
- Estándares Secundarios

Los estándares primarios de calidad del aire son aquellos necesarios para proteger la **salud** pública con un margen adecuado de seguridad.

Los estándares secundarios de calidad del aire especifican el nivel de concentración de contaminantes necesarios para proteger el **bienestar** público, de algún efecto adverso conocido o anticipado asociado con la presencia de tales contaminantes en el aire. Los estándares secundarios están basados en el daño que ocasionan los contaminantes en el aire a las plantas, vegetación, vida silvestre, clima, así como aspectos adversos a la economía.

De esta manera, un estándar de calidad del aire es el nivel al cual debe ser reducido una concentración de un contaminante, para evitar efectos indeseados. Los estándares de calidad del aire no están basados en la aceptabilidad tecnológica o económica, éstos son dictados exclusivamente por los efectos de los contaminantes, no por sus causas.

Como se mencionó anteriormente, existen dos tipos de NAAQS: estándares primarios y secundarios, y se han establecido estándares para 6 contaminantes: ozono, monóxido de carbono, partículas (PM10), dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y plomo cuyas estándares se muestran en la tabla 3.1.

De los 6 contaminantes anteriores, los NAAQS para el ozono, óxidos de nitrógeno y partículas son los que probablemente tengan un impacto significativo en la Industria de Artes Gráficas. Las empresas de Artes Gráficas no son fuentes mayores de ozono per se, sin embargo son fuente de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's), precursores del ozono, ya que éste es un contaminante secundario. De esta forma, aunque existe un NAAQS para el ozono, las emisiones relevantes para propósitos de monitoreo son los VOC's.

Tabla 3. 1 Estándares nacionales de Calidad del Aire en Estados Unidos¹⁴

Contaminante	Estándares Primarios (protegen la salud)
Ozono	0.120 ppm (1-hora promedio)
Monóxido de Carbono	9 ppm (8-horas promedio) 35 ppm (1-hora promedio)
Partículas (PM-10)	150 µgr/m ³ (24-horas promedio) 50 µgr/m ³ (media aritmética anual)
Dióxido de Azufre	0.140 ppm (24-horas promedio) 0.03 ppm (media aritmética anual)
Dióxido de Nitrógeno	0.053 ppm (media aritmética anual)
Plomo	1.5µgr/m ³ (media aritmética promediada cada cuarto)

Estos estándares reconocen que la severidad de los efectos adversos a la salud asociados con la exposición dependen principalmente de la duración de la exposición. Los estándares de corto plazo establecen límites de 1 hora, 8 horas o 24 horas, mientras que los estándares de largo plazo se establecen en una base anual.

Como se había mencionado anteriormente, el Decreto del Aire Limpio requiere que cada Estado adopte un plan para la implantación, mantenimiento y aplicación de la ley para el logro de los estándares nacionales de calidad del aire. Esto

significa la reducción de emisiones que permitirán la reducción de la contaminación del aire. Los planes estatales deberán contener la obligación legal para establecer límites a las emisiones, calendarización y fechas para el cumplimiento con estos límites. La estrategia de control debe consistir de una combinación de medidas diseñadas para lograr la reducción total de emisiones necesarias para la consecución de los estándares de calidad del aire.

Las estrategias de control puede incluir medidas tales como límites a las emisiones, impuestos o cargos a las emisiones, así como el cierre y relocalización de plantas industriales o comerciales, inspecciones periódicas y pruebas a los sistemas de control de emisiones de los motores de los automóviles, la instalación obligatoria de dispositivos de control, estrategias para reducir el tráfico vehicular.

Cada estado debe además tener un plan de contingencia para controlar las fuentes de contaminación durante periodos en los cuales los contaminantes no son removidos por un estancamiento en la atmósfera, que es cuando la calidad del aire puede alcanzar niveles que pudieran constituir peligro inminente o sustancial a la salud humana. Los planes de contingencia establecen reducciones de emisiones basados en episodios de concentración de peligro y emergencia. Los niveles de peligro indican que controles adicionales son necesarios si las condiciones meteorológicas prevaecientes permanecen por un periodo de 12 horas. En los niveles de emergencia, son necesarios controles más estrictos para asegurar que las concentraciones no alcanzarán en donde existe peligro inminente o sustancial para la salud de una porción significativa de población.

Mientras los estándares de calidad del aire están basados principalmente en los efectos a la salud, los estándares de emisiones, en teoría, están determinados, en un proceso inverso: de los estándares de calidad del aire, determinar los estándares de emisiones necesarios para alcanzar los estándares de calidad del aire en una región en particular, para lo cual es necesario relacionar las tasas de emisión a la calidad del aire.

Los diferentes Estados están divididos en regiones conocidas como Regiones de Control de la Calidad (AQCR: Air Quality Control Regions) para determinar si los estándares para los contaminantes críticos están siendo alcanzados. Si los estándares están siendo alcanzados, el área es considerada en "cumplimiento" (attainment area) para el estándar NAAQS específico. Si no, el área es considerada como en "no cumplimiento" (non-attainment) para los contaminantes involucrados. Si una área está en "no cumplimiento", la autoridad reguladora (ya sea la agencia de control de la contaminación del aire local o estatal) debe adoptar regulaciones para limitar las emisiones de las plantas lo suficiente como para asegurar el cumplimiento con el NAAQS para una fecha especificada por el Decreto del Aire Limpio (CAA).

Debido al Decreto de Aire Limpio de 1970, la mayoría de las regiones de los Estados Unidos estaban sustancialmente en “cumplimiento” con los NAAQS para todos los contaminantes críticos excepto el ozono y monóxido de carbono.

Las enmiendas de 1990 incluyen programas mayores diseñados para cumplir los estándares con respecto al ozono a través de la reducción en las emisiones de los precursores de este contaminante: los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's) y los Oxidos de Nitrógeno (NOx). Con respecto al monóxido de carbono los estándares de emisiones se hicieron más rigurosos para las emisiones de escape de los automóviles.

3.1.3 Contaminantes Peligrosos del Aire (HAP: Hazardous Air Pollutants)

La sección 112 del decreto del Aire Limpio identifica a un contaminante del aire peligroso (HAP) como un “contaminante del aire para el cual no se aplica un estándar de calidad del aire y el cual causa o contribuye al incremento en la mortalidad o un incremento en enfermedades irreversibles o reversibles incapacitantes”.

Bajo el Decreto de 1970 la regulación de los HAP's estuvo basado en un Análisis de Riesgo. Después de que un contaminante peligroso del aire fue listado por la EPA para su regulación, se le pidió a la agencia adoptar estándares suficientes para proteger la salud pública con un amplio margen de seguridad definido por modelos de análisis de riesgos. La definición de un margen de seguridad amplio para emisiones potencialmente carcinogénicas fue algo muy difícil para la EPA. Como resultado de todo esto, la EPA solo fue capaz de desarrollar estándares de emisión para 7 contaminantes peligrosos de aire entre 1970 y 1990: asbestos, berilio, mercurio, benceno, arsénico, cloruro de vinil y radio núclidos.

El nuevo programa de control de emisiones de contaminantes peligrosos del aire está basado en tecnología y requiere la instalación equipo de control de la contaminación en estado del arte (State of the Art). Las enmiendas de 1990 listan 189 sustancias químicas a ser reguladas. Estándares más rigurosos basados en tecnología están por ser desarrollados para las fuentes mayores de emisión de contaminantes peligrosos en los próximos 10 años. Una fuente mayor es definida como una instalación industrial, la cual puede emitir potencialmente 10 toneladas por año de cualquier contaminante peligroso o más de 25 toneladas por año de cualquier combinación de contaminantes peligrosos.

La EPA editará regulaciones para 174 categorías de fuentes industriales que emiten cantidades sustanciales de contaminantes peligrosos. Los límites de emisiones, que reflejan la tecnología máxima factible de control (MACT: Maximun Achievable Control Technology) se establecerán en cada categoría de fuente regulada. Por definición, las tecnologías MACT pueden incluir cambios en los procesos, sustitución de materiales o equipo de control de la contaminación del aire.

La Revisión de Nuevas Fuentes (NSR: New Source Review) es el proceso que permite la construcción, modificación o reconstrucción de una fuente industrial mayor de contaminantes al aire en los Estados Unidos. En las áreas donde los estándares de calidad del aire son cumplidos, el programa requiere el programa de Prevención de Deterioro Significativo (PSD: Prevention of Significant Deterioration) de la calidad del aire con la intención de asegurar que la calidad del aire no se degradará en las áreas del país donde la calidad del aire es en realidad mejor que la requerida. En las áreas en donde no se cumplen los estándares el NSR aplica. Las provisiones del PSD y NSR aplican separadamente para cada contaminante regulado, de esta manera una planta puede se requerida a tener una revisión con PSD y una revisión NSR si el lugar propuesto es clasificado como en "cumplimiento" para un contaminante y en "no cumplimiento" para otro.

Como se mencionó anteriormente, el Decreto de Aire Limpio (CCA), con sus enmiendas de 1990, establece la estructura para el control de la contaminación del aire desde el punto de vista de la Industria de Artes Gráficas. Esta estructura tiene muchos elementos. Muchas partes del Título I del CCA establece requerimientos para el cumplimiento y mantenimientos de los estándares nacionales de calidad del aire (NAAQS). En esta parte se revisará como la implantación del Título I del CCA afecta a la Industria de Artes Gráficas.

La Sección 112 del CAA cubre las emisiones de sustancias peligrosas. Para una gran variedad de estas sustancias, el Congreso pidió a la EPA establecer los límites en las emisiones y la tecnología más que en la calidad del aire por si misma.

Las enmiendas de 1990 del CAA provee de nuevos mecanismos para la implantación tanto de los Estándares Nacionales de Calidad del Aire (NAAQS) como las limitaciones a las sustancias peligrosas. Este nuevo mecanismo es la autorización que será requerida para las :

1. Fuentes mayores de contaminantes que afectan la Calidad del Aire
2. Fuentes mayores de Contaminantes Peligrosos del Aire
3. Nuevas fuentes mayores.

Por último, el Título IV del CAA trata con las sustancias químicas que reducen la capa de ozono estratosférico (ODS: Ozone Depleting Substances).

En base a las regulaciones con respecto a la calidad del Aire que tienen efectos potenciales en la Industria de Artes Gráficas mencionadas anteriormente, se puede establecer el impacto de la regulación ambiental en la Industria de Artes Gráficas en cuatro categorías:

- con respecto a los Estándares Nacionales de Calidad del Aire (NAAQS): ozono, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, partículas, dióxido de azufre, plomo
- con respecto a las sustancias peligrosas
- con respecto a los mecanismos para el cumplimiento de los NAAQS y los límites a las sustancia peligrosas
- con respecto a las sustancias que afecta la capa de ozono estratosférico.

3.1.4 Fuentes existentes de emisiones

Areas en “no cumplimiento” con el NAAQS de ozono

Un área en “no cumplimiento” es clasificada como:

- marginal
- moderada
- seria
- severa
- extrema

de esta forma el límite absoluto para considerar una area de “no cumplimiento” está basado en una escala variable que refleja la severidad de la contaminación.

Cada Estado necesita desarrollar un Plan de Implantación Estatal (SIP: State Implementation Plan) para todas las áreas que están en “no cumplimiento” Los SIP contienen una gran variedad de requisitos que están diseñados para reducir las concentraciones de ozono. Una fuente en una área en “no cumplimiento” definida como mayor debe instalar tecnología disponible de control razonable (RACT : Reasonably Available Control Technology) como está descrita en el SIP. Una fuente mayor es definida tanto por el tamaño de la planta y el rango de sus

emisiones, como la categoría del área en “no cumplimiento”. Estas condiciones se muestran a continuación:

Tabla 3. 2 Categorías de tamaño de fuentes de VOC’s o NOx en un área en “no cumplimiento”¹⁴

	Toneladas por año
Extremo	10
Severo	25
Serio	50
Moderado y Marginal	100

Además, si una empresa tiene el potencial de emitir más de 100 toneladas por año (TPY = tons per year), es también considerado una fuente mayor. El término “tiene el potencial” significa la máxima capacidad de una fuente fija para emitir un contaminante bajo su diseño físico u operacional. Esto significa que operar por debajo de su capacidad no excluye a una empresa de ser definida como una fuente mayor. Alguna limitación física u operacional en la capacidad de la fuente para emitir un contaminante, dada que su limitación o su efecto en las emisiones observables, son tratadas como parte de su diseño y de esta manera, pueden excluirse de ser clasificadas como una fuente mayor.

Los Estados que se encuentran en una región de transporte de ozono se deben someter los Planes de Implantación Estatal (SIP’s) a la EPA con requisitos especiales tendientes a mejorar la inspección vehicular y los programas de mantenimiento, así como la implantación de tecnología razonable disponible de control (RACT: Reasonably Available Control Technology) con respecto a todas las fuentes de compuestos orgánicos volátiles (VOC’s) en los Estados Unidos. Además, una fuente fija en una zona de transporte de ozono que emite o tiene el potencial de emitir al menos 50 toneladas por año de VOC’s es considerada una fuente mayor y está sujeta a los requisitos que serían aplicables a una fuente fija mayor si estuviera en una área clasificada como en “no cumplimiento” moderada.

La determinación de los requisitos necesarios para tecnologías RACT para fuentes mayores se hace sobre la base de una revisión caso por caso de cada planta. Con la intención de editar guías uniformes, la EPA ha empezado a publicar las Guías Técnicas de Control (CTGs = Control Techniques Guidelines) para las categorías industriales. La EPA está desarrollando las CTG’s para la impresión litográfica (offset) el cual cubrirá tanto la impresión offset de alimentación de hojas (sheet feed) como de bobinas (web feed), así como las soluciones fuente, limpiadores y los compuestos volátiles orgánicos que están en las tintas y para la impresión térmica.

Guías Técnicas de Control ya existen para la impresión flexográfica y huecograbado. Estas regulaciones frecuentemente aplican solamente para fuentes que tienen el potencial de emitir emisiones de más de 100 toneladas por año de VOC's. La EPA ha estudiado la factibilidad técnica y económica de control para pequeñas (menos de 100 toneladas por año emisiones potenciales no controladas) plantas de impresión flexográficas y de huecograbado. Existen otras publicaciones de la EPA como "Best Demonstrated Control Technology Guidelines for Graphics Arts (PB91-168427)" que compila numerosos casos de estudio de plantas de impresión flexográfica y huecograbado que han logrado eficiencias de control de VOC's de 90% o más.

Nuevas fuentes de emisión

Aquellas personas que construyan nuevas fuentes fijas mayores de contaminantes al aire necesitan, de acuerdo al Clean Air Act, obtener un permiso de contaminación del aire antes de que empiecen a construir. Este proceso, como ya ha mencionado, el Aviso de Nuevas Fuentes (NSR : New Source Review) y es necesario realizarla cuando se va a construir una fuente mayor o se planea hacer una modificación a la planta ya sea en un área de "no cumplimiento" o en un área de "cumplimiento". Los permisos para fuentes en áreas en "cumplimientos" son referidas como requisitos de la prevención de deterioro de la calidad del aire significativa (PSD :Prevention of Significant Air Quality Deterioretion) e incluyen los siguiente:

- Instalación de la mejor tecnología disponible de control (BACT : Best Available Control Technology)
- Un análisis de la calidad del aire mostrando de que no habrá violación de los "incrementos" determinados por PSD.
- Predicción de futuros estándares de calidad del aire
- Posible monitoreo de calidad del aire por un año antes de la liberación del permiso
- Demostración de cumplimiento con el estándar a través de la realización de análisis de calidad del aire.

Restricciones en áreas de "no cumplimiento" son más severas. Los principales requerimientos de New Source Review (NSR) en éstas áreas incluyen:

- Instalación de tecnología de más baja emisión disponible (LAER : Lowest Achievable Emission Rate).
- Provisiones para impresores litográficos que representan reducciones de emisión que deben hacerse de otras fuentes.

Tabla 3. 3 Definiciones de Fuentes mayores y razones Offset en áreas en “no cumplimiento” con el Ozono.³

	Tamaño de la fuente mayor toneladas por año	Categoría (ton/año de VOC's) de razones Offset
Marginal	100	1.1:1
Moderada	100	1.15:1
Seria	50	1.2:1
Severa	25	1.3:1
Extrema	10	1.5:1

Contaminantes del Aire Peligrosos y los estándares para la máxima tecnología de control ejecutable (MACT)

Los estándares nacionales de calidad del aire solamente aplican a un pequeño número de los contaminantes más comunes. En la parte 112 del Clean Air Act (CAA) se establecen requisitos adicionales que restringen la emisión de 189 contaminantes del aire definidos como peligrosos. La EPA está autorizada para establecer estándares con respecto a la tecnología MACT para cualquiera de la categoría de fuentes que emitan al menos uno de los contaminantes de la lista. Las sustancias químicas listadas en la parte 112 del CAA que son usadas en la Industria de Artes Gráficas son las siguientes:

Tabla 3. 4 Sustancias químicas usadas en la Industria de Artes Gráficas¹⁴

Benceno	Compuestos de plomo	Compuestos de Cadmio	Metanol	Carbón tetracloruro
Metil Etil cetona	Compuestos de Cromo	Metil isobutil Cetona	Compuestos de cobalto	
Cloruro metileno	Cumeno	Percloroetileno	Dibutilftalato	
Materia orgánica Policíclica	Oxido propileno-dietalonamina	Etil Benceno	Tolueno	
Glicol Etileno	2,4 Tolueno disocianato	Formaldehído	1,1,2-Tricloroetano	
Tricloroetileno	Hexano	Cloruro de vinilo	Acido Clorhídrico	
Xileno	Isoforón	Etér glicol		

Una fuente recibirá una extensión de 6 años en la fecha de cumplimiento para un estándar de tecnología MACT si logra una reducción del 90% en sus emisiones de contaminantes peligrosos al aire (o 95% para una emisión en particular) antes de la fecha en la cual el estándar para la tecnología MACT es propuesta para esta categoría de industria. No existen requisitos para notificar a la EPA antes de la publicación del estándar, aunque la demostración en la reducción de emisiones debe hacerse antes de que el estándar sea propuesto.

3.1.5 Permisos

En el Título V del Clean Air Act (40 CFR 70) define los estándares mínimos y procedimientos para que el Estado opere los programas de permisos. El sistema de permisos es un nuevo método establecido por la enmiendas y esta diseñado para definir cada requisito de la fuente y para facilitar la aplicación de la ley. Los pagos por permiso permitirán generar recursos para la implantación del plan. Cualquier planta industrial definida como una fuente mayor requiere conseguir un permiso.

La parte 70.2 define una fuente como un punto en donde se liberan emisiones o como una planta industrial completa que está bajo el control de la misma(s) persona(s), una fuente mayor es definida como una fuente que emite o tiene el potencial de emitir:

- 10 toneladas por año o más de algún contaminante del aire **peligroso**
- 25 toneladas por año o más de alguna combinación de contaminantes del aire **peligrosos**.
- 100 toneladas por año o más de cualquier otro contaminante del aire.

para zonas en “no cumplimiento” con el contaminante ozono, las fuentes mayores son definidas como fuentes que emiten o tienen el potencial de emitir:

- 100 toneladas por año o más de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's) en áreas definidas como marginales o moderadas.
- 50 toneladas por año o más de VOC's en áreas clasificadas como serias.
- 25 toneladas por año o más de VOC's en áreas clasificadas como severas.
- 10 toneladas por año o más de VOC's en áreas clasificadas como extremas.

Además de las fuentes mayores, todas las fuentes que requieren realizara el Aviso de Nueva Fuente (NSR), son sujetas a los estándares de eficiencia de nuevas fuentes, o en su defecto son identificadas como las regulaciones federales o estatales, y deben obtener su permiso. Las fuentes mayores, así como las otras

fuentes descritas anteriormente, deben desarrollar y someter su aplicación de permiso al Estado en el plazo de un año. Una vez que una fuente somete su aplicación, ésta puede continuar operando hasta que el permiso se otorga. Esto puede llevar años porque el proceso de otorgar permisos da tiempo para que se presenten los términos y condiciones y se revisen por la sociedad y los estados vecinos, así como por la EPA. Cuando se otorge el permiso, éste incluirá todos los requisitos aplicables a la planta industrial entre los cuales se encuentra: programas de cumplimiento, monitoreo de emisiones, planes de emergencia, límites de emisión y auto reportes de responsabilidad. 5 años es término máximo del permiso. Sin embargo, para pequeñas empresas, como en este caso los impresores, que requieren obtener el permiso, muchos estados otorgaran un permiso general, el cual es un simple documento que cubre una categoría o clases de muchas fuentes similares.

Si una planta no está clasificada como una fuente mayor, el impresor de todas maneras debe revisar con las autoridades correspondientes para determinar si su empresa requiere permisos por emisiones al aire. Los requisitos potenciales para permisos de aire incluyen:

- Permisos federales, estatales y locales necesarios para la construcción y/o operación de nuevas prensas, máquinas de cubierta, dispositivos de control, boileres, ciclones, evaporadores, unidades de destilación así como equipo de encuadernado.
- Permisos federales, estatales y locales necesarios para la operación de prensas, máquinas de cubierta, dispositivos de control, boileres, ciclones, evaporadores, unidades de destilación así como equipo de encuadernado existentes.
- Permisos federales, estatales y locales para modificar equipo existente o cambiar materiales (por ejemplo tintas, soluciones fuente, cubiertas, solventes limpiadores y otras sustancias químicas).

3.1.6 Protección de la capa de Ozono estratosférico.

Las enmiendas del Decreto de Aire Limpio dan la línea de eliminar la producción y el consumo de Clorofluorocarbonos (CFC's) y otras sustancias químicas que está causando la destrucción de la capa de ozono en la estratósfera.

La sección 602 del CAA identifica las sustancias que reducen el ozono estratosférico (ODS: Ozone Depleting Substances) y los divide en dos clases: Clase I y Clase II.

Las sustancias que se encuentran en la Clase I están divididos en 5 grupos. La Sección 604 (Section 604) del CAA determina la eliminación de las sustancias Clase I para Enero del 2000 (Enero 2002 para el Cloroformo metílico). Las sustancias que son usadas por la Industria de Artes Gráficas son:

1. Tetracloruro de Carbono
2. Cloroformo Metílico

Las sustancias químicas de la Clase II , que son hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), son generalmente vistos como sustitutos de los CFCs de Clase I . Las sustancias de la Clase II consisten de 33 HCFCs. La legislación determina la eliminación de esta clase para Enero 1 del 2030. La programación para la eliminación de HCFCs aún no se ha terminado, sin embargo, la EPA ha propuesto empezar esta fase de eliminación de algunos HCFCs para el año 2002, con una eliminación completa para el año 2030. Esta misma propuesta eliminará los CFCs tetracloruro de carbono, hidrobromofluorocarbonos y el cloroformo metílico para Enero 1 de 1996. Los halones utilizados en los extinguidores de fuego se eliminaron en Enero 1 de 1994.

El 11 de Febrero de 1993, la EPA editó una norma bajo la Sección 611, efectiva el 15 de Mayo de 1993, en la cual especifican que los productos producidos o importados que contengan o sean manufacturados con sustancias químicas clasificadas en la Clase I deben llevar un etiqueta de atención. La norma incluye artículos cuya manufactura involucra el uso sustancias químicas Clase I , aunque el producto final no contenga estos químicos. Las exportaciones están exentas de los requerimientos de etiquetado, mientras sean productos que no tienen contacto directo con estas sustancias químicas . Además, si ocurre un contacto directo pero es no-rutinario e intermitente, no se requiere etiquetado. Si un segundo fabricante incorpora un producto hecho con sustancias químicas que agotan el ozono estratosférico en otro producto, el producto final no necesita llevar tampoco una etiqueta.

3.2 Antecedentes Ambientales en México.

3.2.1 Legislación Ambiental

Se mencionó en 3.1.1 algunos aspectos generales de la legislación ambiental mexicana, en donde el título cuarto tiene que ver con la protección del ambiente,

y para este caso con el capítulo 1 de Prevención y control de la contaminación de la Atmósfera.

El reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de contaminación atmosférica fue publicado en el Diario Oficial también en 1988, y en él se delinean las disposiciones para el Sistema de Federal para la Protección de la Atmósfera.

Las disposiciones son aplicables a los casos de contaminación de la atmósfera que son de competencia federal, pero mientras los estados no dispongan de regulaciones en ese sentido, corresponderá a la Federación aplicar el reglamento en al ámbito local.

El reglamento está constituido por 52 artículos permanentes en cinco capítulos que tratan de las Disposiciones Generales de la Emisión de Contaminantes a la Atmósfera Generada por Fuentes Fijas, de la Emisión de Contaminantes Generada por Fuentes Móviles, del Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire y de las Medidas de Control, Seguridad y Sanciones.

Las disposiciones sobre emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, establecen que la emisión de partículas sólidas y líquidas no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión. Estas disposiciones pueden establecer valores permisibles diferentes, dependiendo de si se trata de fuentes existentes, de nuevas fuentes, o de fuentes localizadas en zonas críticas.

Entre las obligaciones que tienen las fuentes fijas por emisiones a la atmósfera de gases o partículas sólidas están:

1. Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera
2. Llevar un inventario de emisiones
3. Instalar plataformas y puertos de muestreo
4. Medir sus emisiones de contaminantes
5. Llevar a cabo el monitoreo perimetral
6. Llevar bitácora de operación y mantenimiento de los equipos de proceso y de control.
7. Dar aviso anticipado a las autoridades del inicio de operación de sus proceso
8. Dar aviso inmediato a las autoridades en caso de falla del equipo de control

Además, requerirán de una licencia de funcionamiento expedida por la autoridad correspondiente.

3.3 Contaminación en centros urbanos

Mediante estudios de campo y comparaciones con otros países se ha establecido que los principales contaminantes emitidos por los motores de combustión interna son: Monóxido de Carbono, CO, Oxidos de Nitrógeno, NOx,, Hidrocarburos no quemados, HC, Oxidos de Azufre, SOx, , Partículas de Carbón y Metales Pesados como el Plomo.

En la actualidad, la contaminación del aire- que alguna vez fue exclusivo del mundo industrializado- está afectando a los grandes centros urbanos de la mayoría de los países en desarrollo. Los causantes principales de este fenómeno son, entre otros:

- uso de combustibles impuros
- cantidad de automotores
- deficiente mantenimiento vehicular
- intensidad energética en los procesos industriales
- falta de reglamentos eficaces en materia de calidad del aire
- quema de carbón de leña, madera y parafina llevada a cabo con fines de obtención de combustible y de preparación de alimentos

Esta situación ha llevado a muchos países a desarrollar acciones legislativas a nivel federal, estatal y en algunos casos municipal, con el fin de preservar la atmósfera en sus condiciones naturales.

Clasificación de las emisiones

De acuerdo con las clasificaciones de la Conferencia de Estadísticos Europeos, la contaminación atmosférica puede medirse en cuatro fases:

1. Emisión, realizada directamente o estimada con base en el consumo de combustibles u otros materiales y a través de los factores de emisión de procesos específicos. Mientras que algunos países prefieren la medición a la estimación, en general los datos frecuentemente disponibles provienen de estimaciones.
2. Concentración, captada en estaciones de monitoreo, puede medirse en intervalos diferentes a partir de sus fuentes emisoras
3. Sedimentación, la idea de las estadísticas de sedimentación es cubrir tanto las deposiciones húmedas (de ácidos y componentes acidificantes) como las secas (de suelo, vegetación, aguas superficiales y materiales).

4. Exposición ambiental, esta última fase referida a los humanos, plantas y animales, y generalmente se excluye de las clasificaciones ya que su información raras veces está disponible.

De los tres tipos de captación de información, en México se han aplicado hasta ahora los dos primeros. Las estadísticas de calidad del aire están basadas en el monitoreo.

En general, las fuentes emisoras de contaminantes al aire, incluidas en los inventarios de emisiones, son clasificadas en cuatro tipos:

1. Fuentes fijas
2. Fuentes móviles
3. Fuentes por evaporación
4. Fuentes por procesos industriales sin combustión.

La problemática ambiental de México está asociada a la orografía del medio, el tamaño y a la dinámica de la expansión económica y demográfica de los asentamientos humanos. Se reconoce una acentuada relación entre las formas de contaminación ambiental, el tamaño de los asentamientos humanos y el nivel de desarrollo económico. Desde este punto de vista, se distinguen tres zonas metropolitanas que conjuntan el 25.4% de la población, el 35% del PIB y donde se genera más del 40% del total de contaminantes emitidos a la atmósfera:

- Ciudad de México
- Guadalajara
- Monterrey

En vista de sus altos niveles de contaminación, tan sólo ellas concentraban en 1992, el 27.7% de las estaciones manuales de monitoreo existentes en el país, el 81.5% de las automáticas y el 81% de las micrometeorológicas.

3.3.1 Zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM)

La ZMCM representa la principal concentración urbano-industrial y demográfica del país, en la que el creciente uso de vehículos de motor, la existencia de grandes áreas erosionadas, la excesiva demanda de agua y energía, han sido factores determinantes en el deterioro de la calidad del aire. Por otro lado, esta región no cuenta con condiciones favorables de ventilación, ya que además de ubicarse a 2,240 mts sobre el nivel del mar, su geomorfología propicia la

acumulación de contaminantes debido a efectos opuestos al flujo predominante de los vientos.

Los índices de contaminación se hacen cada vez más altos, de tal forma que de no cambiar la actual tendencia, las emisiones contaminantes pueden duplicarse entre 1988 y el año 2000. Es necesario señalar que la ZMCM contaba en 1990 con la cuarta parte del PIB nacional, tenía 15 millones de habitantes y consumía casi el 20% de la energía total.

La información sobre contaminación del aire, captada diariamente por medio de redes automática y manual de monitoreo, ha permitido evaluar la calidad del aire en la Ciudad de México desde 1986 a la fecha. Esta información incluye los contaminantes: ozono, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, y partículas. Cubre las cinco zonas geográficas en que se divide la Ciudad de México y parte de las áreas conurbadas del Estado de México.

Para la evaluación se toman como criterios básicos las excedencias a las normas fijadas, en ese entonces, por SEDESOL, a partir de las lecturas máximas del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). Estas lecturas permiten evaluar las tendencias y variaciones de la contaminación y facilitan el seguimiento de las actividades de control y prevención.

Las tendencias anuales muestran que el deterioro en la calidad del aire en la ZMCM medido por el número de días en que se excedió la norma (más de 100 puntos imecas) ha aumentado. Entre los años de 1988 y 1990 los valores más altos del contaminante mayor (ozono) rebasaron entre un 75 y 80% de los días del año. En los días en que la contaminación rebasó los 100 imecas, el ozono fue el contaminante predominante, alcanzando en ocasiones niveles muy elevados.

Según los reportes oficiales, en 1993 la calidad del aire fue satisfactoria solo en 37 días y en 328 días las condiciones fueron de no satisfactorias a muy malas, al registrarse entre 101 y 315 imecas de ozono. En 1992 fueron 31 los días en las que no se rebasó la norma, mientras que en 1991 solo se tuvieron 26 días de condiciones favorables.

Tabla 3. 5 Calidad del aire y concentraciones de contaminantes para la Ciudad de México

Rangos IMECA	PST (24 horas) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO (8 horas) ppm	SO ₂ (24 horas) ppm	NO ₂ (1 hora) ppm	O ₃ (1 hora) ppm
0-100 Satisfactoria	275	13	0.13	0.21	0.11
101-200 No satisfactoria	456	22	0.35	0.66	0.23
201-300 Mala	637	31	0.56	1.10	0.35
301-500 Muy mala	1000	50	1	2	0.60

Fuente: Secretariado técnico gubernamental, Programa Integral contra la contaminación atmosférica. DDF 1990.

Tabla 3. 6 Ciudad de México: Índice metropolitano de la calidad del aire.

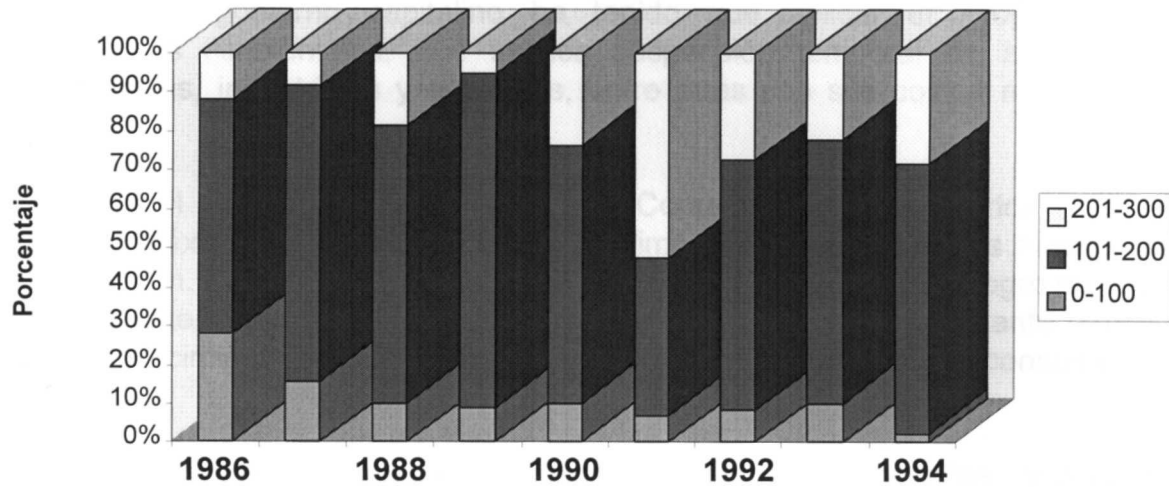
Rango	Calidad	Aptitudes/reacciones
0-50	Buena	Situación muy favorable para la realización de todo tipo de actividades físicas
51-100	Satisfactoria	Situación favorables para la realización de todo tipo de actividades
101-200	No satisfactoria	Aumento de molestias menores en personas sensibles
201-300	Mala	Aumento en molestias e intolerancia relativa al ejercicio en personas con padecimientos respiratorios y cardiovasculares, aparición de ligeras molestias en la población en general
301-500	Muy mala	Aparición de diversos síntomas e intolerancia al ejercicio en la población sana .

Fuente: Secretariado técnico gubernamental, Programa Integral contra la contaminación atmosférica. DDF 1990.

El agravamiento de la calidad del aire se refleja en el número creciente de días con lecturas IMECA, tanto en el rango de 101-200 puntos como en el de 201-300.

Figura 3. 1 Índice IMECA para la Ciudad de México¹³

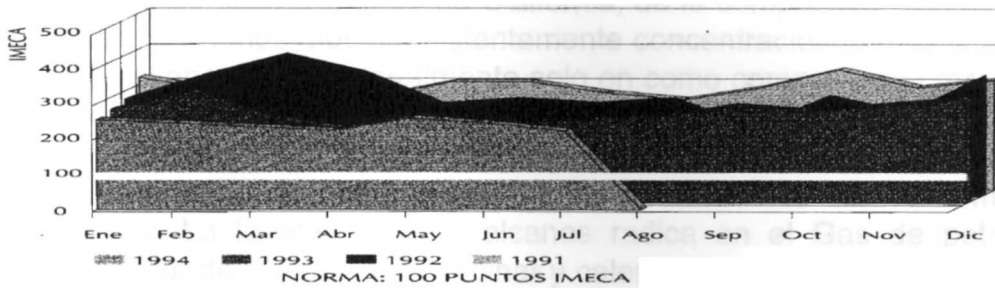
ZMCM: Número de días con lecturas IMECA superiores a los 100 y 200 puntos, 1986-1994 (1994 hasta Junio)



En los días en que la contaminación rebasó los 101 puntos IMECA, el ozono fue el contaminante predominante, alcanzando niveles muy elevados. En 1990 se registraron 3 días con más de 300 puntos IMECAS, en 1991 fueron 5 días, en 1992 12 días y en 1993 2 días.

Figura 3. 2 Niveles de Ozono en la Ciudad de México

O Z O N O
M á x i m o s m e n s u a l e s e n l a C i u d a d d e M é x i c o



Fuente: Dirección de Ecología, DDF.

Según los reportes oficiales, en 1993 la calidad del aire fue satisfactoria solo en 37 días y en 328 días las condiciones fueron de no-satisfactorias a muy malas, al registrarse entre 101 y 315 puntos IMECAS de ozono. En 1992 fueron 31 los días en las que no se rebasó la norma y la calidad del aire fue satisfactoria, mientras que en 1991 sólo se tuvieron 26 días de condiciones favorables.

Debido a este problema en niveles de contaminación arriba de los umbrales permitidos, el gobierno capitalino ha tenido que aplicar el Programa de Contingencias Ambientales, que implica suspensión temporal de actividades administrativas, industriales y escolares, entre otras con sus costos respectivos asociados.

Según el Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica para la Ciudad de México, se prevén un futuro próximo una reducción en los niveles de contaminación. Sin embargo, no se ve en el mediano y largo plazo el logro de este objetivo lo que llevarían a la persistencia del ozono como contaminante crítico, debido al crecimiento de la cantidad de vehículos en circulación y el consumo de gasolinas.

La Ciudad de México yace en un gran valle rodeado por montañas y durante las dos décadas anteriores ha sufrido de un incremento severo de episodios con smog con niveles altos de ozono. Como ya habíamos mencionado, la norma de ozono fue excedida el 71% de los días, mientras que en 1992 fue el 98% con valores tan altos como 0.48 el 16 de Marzo de 1992. Las investigaciones previas con respecto a la formación de ozono habían primariamente enfatizado la liberación de hidrocarburos de automóviles y camiones, y secundariamente de plantas industriales. Los mecanismos actuales durante los periodos de altos niveles de ozono establecen la reducción en el uso de automóviles y en los niveles de la operación industrial.

Sin embargo, un análisis químico detallado realizado por Donald Blake y Sherwood Rowland de la Universidad de California, de la composición del aire de la Ciudad de México ha mostrado consistentemente concentraciones muy altas de alcanos C_3 y C_4 no encontrados usualmente solo en como componentes menores en emisiones vehiculares e industriales. En la mayoría de las muestras esos dos alcanos fueron los hidrocarburos nometánicos, con concentraciones excediendo las bien conocidas para los compuestos de las combustibles fósiles como el etileno y acetileno. La fuente de esos alcanos radica en el Gas de petróleo licuado, fuente mayor de energía para cocinar y calentar los hogares de la Ciudad de México, escapándose en una forma no quemada a la atmósfera en una escala masiva. Estos hidrocarburos reactivos, junto con los componentes oleofínicos menores en este gas, más los productos de su completa combustión, juegan un papel mayor (quizá dominante) en la producción de ozono en el Valle de México.

3.3.2 Programa Integral Contra la Contaminación Ambiental para la Ciudad de México.

Desde el 15 de Octubre de 1990 se ha venido instrumentando el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA) en la ZMCM. El PICCA pretendió ser una estrategia flexible a la que se le han ido incorporando nuevas medidas. Este programa actúa en cinco líneas estratégicas de acción:

1. La promoción de la investigación local, la educación ambiental, así como la participación ciudadana.
2. El mejoramiento de la calidad de los combustibles, empleando criterios ambientales para que estos sean cada vez más limpios, menos reactivos y menos tóxicos.
3. La ampliación y el mejoramiento del transporte colectivo y el control de emisiones de los vehículos en circulación.
4. La modernización de la industria, incluyendo el mejoramiento de sus procesos y el control de sus emisiones contaminantes.
5. La restauración ecológica del Valle de México y la reforestación.

El programa ha implicado inversiones por más de 14 248 millones de nuevos pesos. De éstos, se han invertido casi 8 mil millones de nuevos pesos (aproximadamente 2,500 millones de dólares), que representan el 54% del total. En el financiamiento del PICCA contribuyen con su presupuesto varias dependencias gubernamentales que aportan el 76%. El otro 24% proviene de créditos internacionales que incluyen el Banco Mundial, el Banco Interamericano de desarrollo, entre otros. Mediante el PICCA se encuentran en marcha 38 medidas y 109 proyectos específicos.

Resultados:

- Este programa remonta la problemática de la contaminación atmosférica en el Valle de México hace 50 años como resultado del crecimiento de la industria, el transporte y la población
- Eliminar el combustóleo como energético en la cuenca del Valle de México y el uso de gas natural y gaseóleo como combustibles alternos en las grandes fuentes emisoras dentro de la cuenca, con su consiguiente incremento de emisiones de óxidos de nitrógeno.

- Reducir y eliminar el plomo de las gasolinas lo que resultó en un incremento en los hidrocarburos reactivos en la atmósfera de la Ciudad de México, lo cual, junto con los NOx dieron el disparo del proceso fotoquímico de formación de ozono, aunque no hay que descartar otras fuentes de hidrocarburos orgánicos.
- Se redujo el SO₂ , las partícula carbonáceas y plomo en las partículas suspendidas.
- A Diciembre de 1995 se gastaron 2,333.3 millones de dólares (sin realizar a cabo investigación científica alguna que encuentren nuevas alternativas de solución). Si el promedio del IMECA anual (valores máximos) indica que en 1988 el valor fue de 160.95 y en 1996 el valor fue 194.29, ha significado un costo de 69.98 millones de dólares por cada IMECA que aumentó.

En fechas recientes , la SEMARNAP anunció 95 medidas que conforman el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000, que requerirá una inversión de 12 mil 500 millones de pesos (aproximadamente 1,800 millones de dólares). Este programa elaborado por la SEMARNAP, el DDF, SSA y el Estado de México. El programa pretende reducir las contingencias ambientales de 250 puntos IMECAS, de un 8% a un 2% anual.

Para lograr un aire limpio se contemplan cuatro metas:

- Industria Limpia
- Vehículos limpios
- Transporte público eficiente
- Recuperación ecológica

Para alcanzarlas, las autoridades señalan:

- Nuevas tecnologías en la industria y los vehículos
- Sustitución de energéticos
- Incentivos económicos
- Inspección
- Vigilancia a la Industria
- Educación ambiental y participación social.

La industria deberá reducir sus emisiones, para lo cual se aplicarán normas más estrictas de controles de emisiones de contaminantes. Para apoyar a los industriales, se prevén incentivos fiscales, exenciones arancelarias y nuevos créditos internacionales para financiar la reconversión tecnológica en los que intervendrán el Export Import Bank de Japón y Banco Mundial.

El financiamiento público estará a cargo de los sectores responsables como son el DDF, Gobierno del Edo. de México, SEMARNAP, Pemex y la Comisión Federal de Electricidad.

Se contempla el control de NOx en la termoeléctrica Valle de México y sustitución paulatina de la termoeléctrica Jorge Luque con sistemas de recuperación más eficiente.

Con respecto a los vehículos limpios, esta meta se refiere a la disminución de emisiones por km. En este punto se contempla exentar el Hoy No Circula y el Doble No Circula los vehículos que cumplan con normas más estrictas que las actuales que se darán a conocer a partir de del segundo semestre de 1996.

A mediano y largo plazo se aumentará 2 centavos a la gasolina NOVA, para mejorar el transporte público, y para que en el año 2000 ya no se venda este tipo de gasolina con plomo.

Se anuncia la sustitución de microbuses por autobuses, terminar la Línea B del Metro y mejorar la vialidad.

La cuarta meta que tiene que ver con la recuperación ecológica, busca el abatimiento de la erosión en la zona a través de la reforestación.

El seguimiento para la ejecución de este programa recaerá en un grupo integrado por los miembros de la Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación en el Valle de México.

“ Para el año 2000, el aire del Valle de México deberá ser más limpio al reducir 50% de las emisiones de hidrocarburos, 45.1% de las partículas suspendidas y 41% de los NOx y disminuir 300 mil casos de enfermedades respiratorias agudas” (Metas dadas a conocer durante la presentación del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-200).

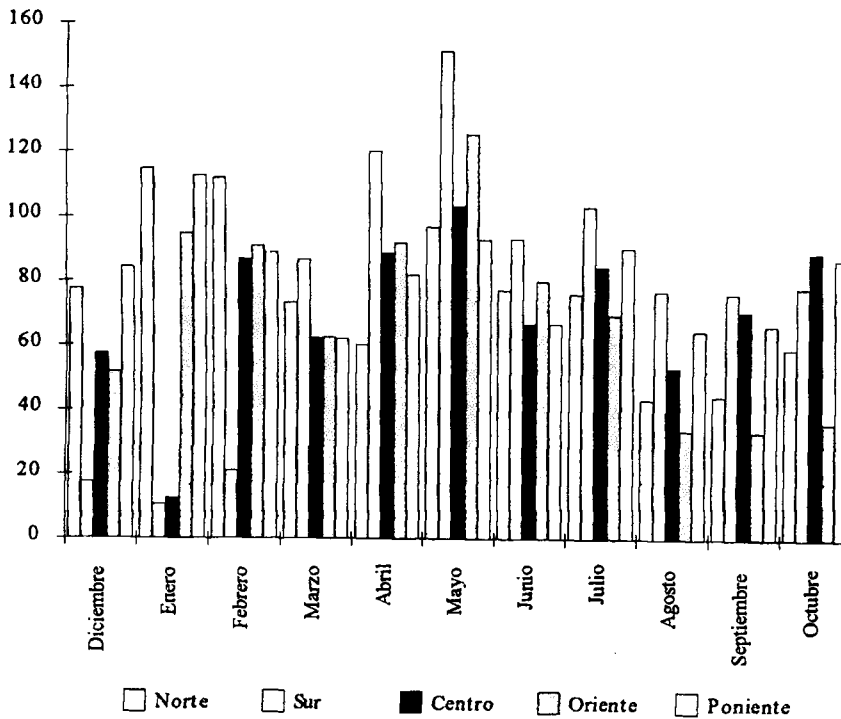
3.3.3 Contaminación atmosférica en Guadalajara y Monterrey.¹³

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG: Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá) fue inaugurada el 6 de Diciembre de 1993. La red está integrada por 8 estaciones: Atemajac, Oblatos, Loma Dorada, Tlaquepaque, Miravalle, Las Aguilas, Vallarta y Centro. Estas se distribuyen en cinco zonas y en la actualidad se monitorean los contaminantes; PM10, O3, SO2, NOx, CO e hidrocarburos.

De los contaminantes anteriores, los más importantes son las partículas, en primer lugar, y en segundo lugar el ozono, aunque en ambos casos sus índices de calidad del aire son comparativamente inferiores a los de la ZMCM y similares a los de la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM).

Figura 3.3 Índices de Ozono en la Ciudad de Guadalajara²¹

Zona Metropolitana de Guadalajara: Valores IMECA de Ozono (Diciembre 1993-Octubre 1994)



Fuente: Comisión Estatal de Ecología

Por zonas, el promedio IMECA más alto en los once meses considerados lo tiene el centro (85) y después la zona sur (82). Estos valores caen el rango de calidad satisfactoria. Situación semejante presentan las partícula PM10, el IMECA más alto se presentó en la zona sur (76) y el segundo en la zona centro (70.5).

A diferencia de la ZMCM, la calidad del aire en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) es significativamente menos crítica en volumen y toxicidad. La red de monitoreo de la ZMM comprende cinco estaciones en las que se evalúa CO, SO₂, O₃, NO_x y PM10.

Durante 1993 los valores máximos de los IMECA para SO₂ se ubicaron como de buena, en tanto que para el CO algunos valores registraron calidad del aire satisfactoria. En ozono, O₃, hay excesos al umbral tolerable (superiores a los 100 puntos) aunque ellas solo ocurren en algunos meses del año, situación parecida pasa con los NOx. Las PM10 son el único componente que registra las mayores incidencias de calidad del aire no satisfactoria. La cantidad de horas promedio al mes que rebasan los 100 puntos es relativamente poco significativa en las estaciones de La Pastora, San Nicolás y Obispado. En cambio, en cambio en San Bernabé en 20.6 horas al mes sobrepasan lo tolerable, y en Santa Catarina son 13.5 horas.

3.4 Antecedentes del Sector Artes Gráficas.²⁷

3.4.1 Mercado del Sector

El ser humano siempre ha tenido la necesidad de transmitir información, conocimientos, mensajes, de expresar sentimientos, emociones, de dar a conocer ideas, opiniones e incluso de persuadir.

La gente necesita comunicarse y lo puede hacer a muchos niveles, por muy diversos motivos, con un gran número de personas y en múltiples formas.

Toda comunicación tiene su objetivo, su meta que es producir una respuesta, de lo contrario la comunicación se distorsiona y no se produce el efecto deseado. La comunicación puede utilizar todo aquello a lo que la gente logra dar un significado.

En el proceso de la comunicación intervienen primordialmente en 5 factores:

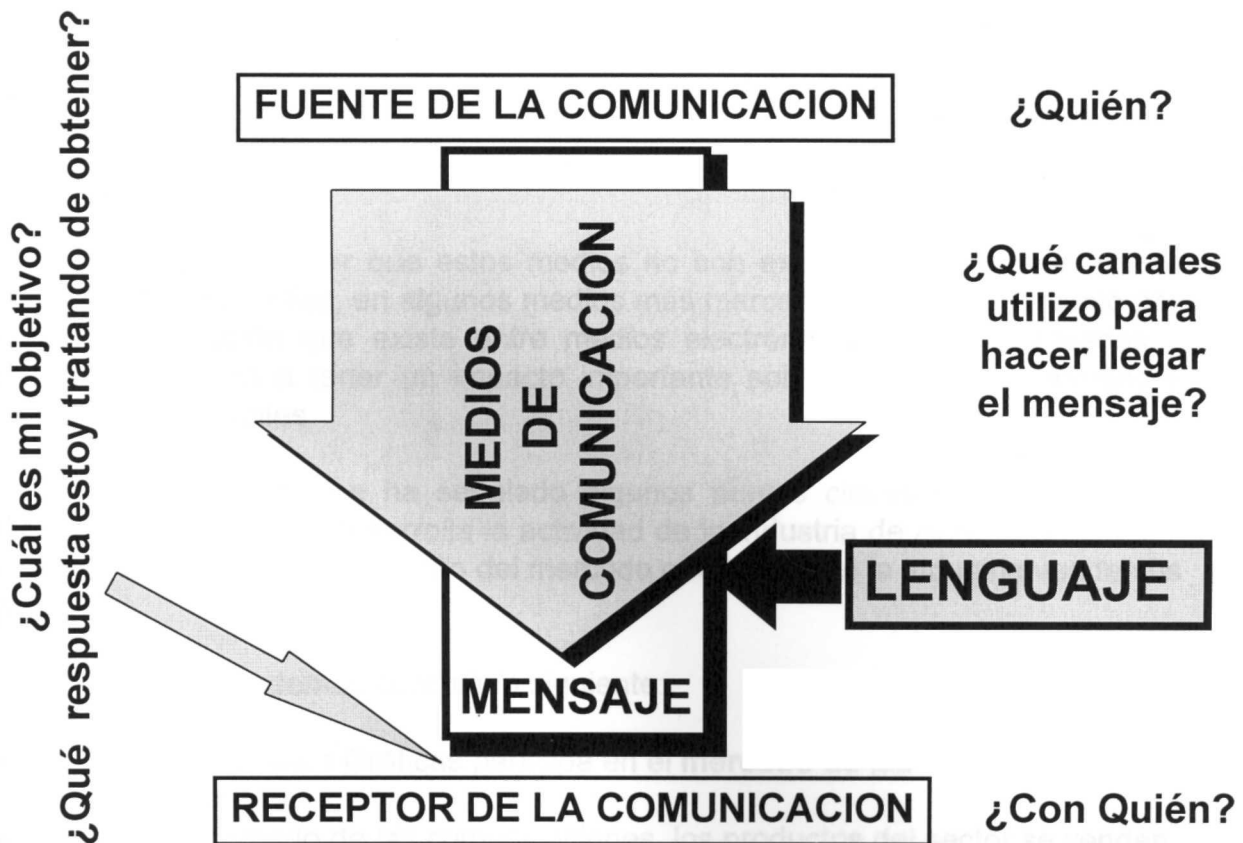
- Fuente de la comunicación
- Mensaje
- Lenguaje
- Medios de comunicación
- Receptor de la comunicación

Toda comunicación tiene una **fuentes**, y ésta puede ser una persona, un grupo de personas, una organización o una empresa, que tienen un objetivo y una razón para entablar comunicación.

Es obvio que si tenemos un objetivo por el cual establecemos una comunicación, es necesario que alguien **reciba** esa comunicación para poder tener la respuesta que esperamos, por eso es el fin. El objeto de la comunicación es para influir y afectar intencionalmente a otra u otras personas.

Este propósito, que se origina en la fuente de la comunicación, tiene que ser expresado, dado a conocer en forma de **mensaje** que tiene que estar en un **lenguaje** para que pueda ser recibido por el receptor de la comunicación.

Figura 3. 4 Proceso de la Comunicación²⁷



Si los medios de comunicación los clasificáramos de acuerdo al mecanismos con los cuales éstos hacen el mensaje accesible al ser humano tendríamos:

- Medios audiovisuales
Audiocasetes

- Videocasetes
- Discos
- Cine
- Medios Radiados
 - Televisión
 - radio
 - Teléfono celular
- Medios Cableados
 - Televisión por cable
 - Teléfono
 - Redes de telecomunicaciones
- Medios Impresos
 - Libros
 - Revistas
 - Diarios
- Medios Electrónicos
 - Internet
 - Bases de Datos
 - Realidad Virtual

Es importante señalar que estos medios no son excluyentes, es decir existe interrelación entre ellos, en algunos medios más marcados que en otros como por ejemplo la relación que existe entre medios electrónicos, medios cableados y radiados que van a tener un impacto importante sobre los medios impresos y medios audiovisuales.

Hasta el momento, se ha señalado algunos puntos claves para entender el mercado en el cual se desarrolla la actividad de la industria de Artes Gráficas, así como el impacto en el segmento del mercado que es donde la industria vende sus productos.

De lo anterior podemos concluir lo siguiente:

- La industria de Artes Gráficas participa en el **mercado de las comunicaciones**.
- Dentro del mercado de las comunicaciones, los productos del sector se venden en el segmento de los **medios impresos**.

3.4.2 Estructura como Sector Industrial

La actividad de la Industria de Artes Gráficas en México está clasificada por la CMAP (Clasificación Mexicana de Actividades y Productos) dentro del **Sector Manufacturero**, en el **Subsector Papel, Productos de papel, Imprentas y Editoriales** y específicamente en la **Rama Imprentas y Editoriales**.

La CMAP es un clasificador que agrupa de acuerdo a características análogas según las categorías de actividad. La CMAP contiene 4 niveles de agregación:

Sector (**primer** dígito), Subsector (**segundo** dígito), Rama (**tercer y cuarto** dígito) y Clase de Actividad (**quinto y sexto** dígito) e involucra los grupos representados por las actividades primarias, secundarias y terciarias de la economía mexicana.

A nivel Sectorial la Industria de Artes Gráficas se encuentra, como habíamos mencionado anteriormente, clasificada en el Sector Manufacturero (**3**), dentro del Subsector Papel, Productos de papel, Imprentas y Editoriales (**34**).

El Subsector Papel, Productos de papel, Imprentas y Editoriales a su vez se divide en las ramas:

- 3410** Manufactura de Celulosa, Papel y sus Productos
- 3420** Imprentas, Editoriales e Industrias Conexas

y cada una de estas ramas incluye 7 y 4 clases de actividad respectivamente.

La rama de Imprentas, Editoriales e Industrias Conexas contiene las siguientes clases de actividad:

342001 Edición de Periódicos y Revistas

342002 Edición de Libros y Similares

342003 Impresión y Encuadernación, que incluye la impresión de billetes, folletos y títulos financieros.

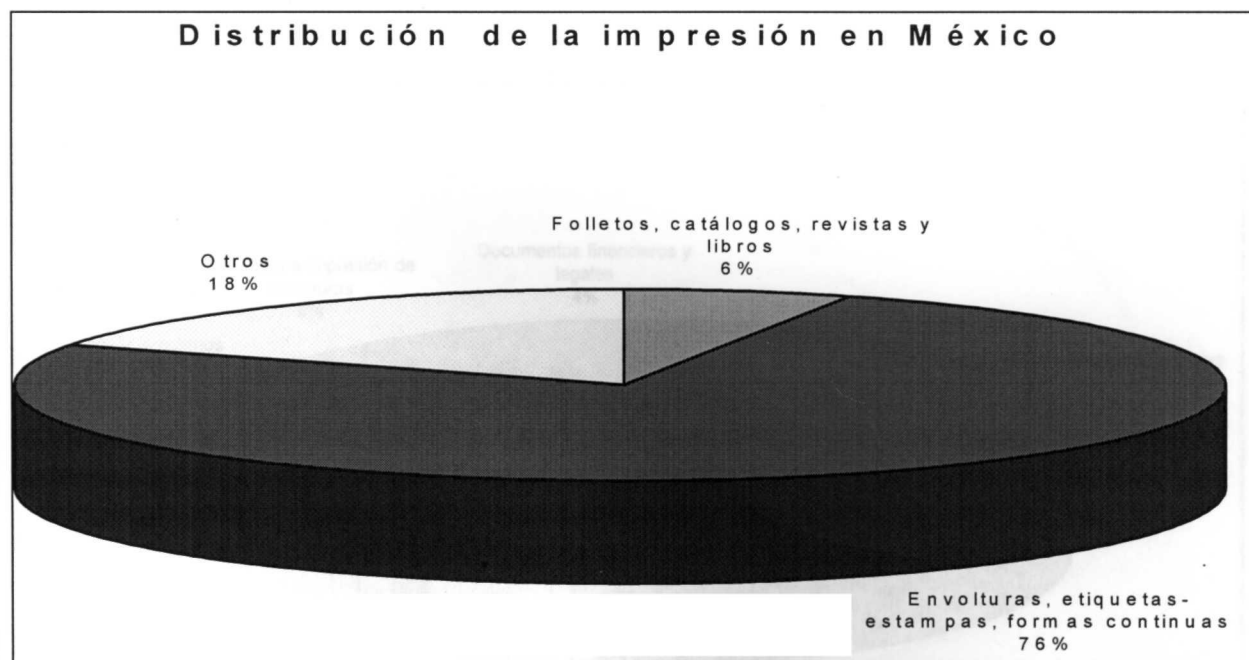
342004 Industrias Auxiliares y Conexas con la Edición e Impresión, e incluye la fabricación de fotograbados, clichés, diseños gráficos y similares, excluyéndola fabricación de tipos de imprenta que se clasifican en la rama de fundición y moldeo de piezas metálicas ferrosas y no ferrosas.

- De acuerdo a lo anterior las actividades de la Industria de Artes Gráficas se desarrollan dentro de la actividad económica de la rama de Imprentas, Editoriales e Industrias Conexas.

Dentro del sector manufacturero, la rama de Imprentas y Editoriales participa con 3.43% del Producto Interno Bruto Manufacturero. Da empleo al 4.11% del total del sector (133,584 empleos) y representa el 5.10% de los establecimientos (13,558).

De acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria de Artes Gráficas el 54% de los socios están en la sección de Tipografía, el 21% en litografía y offset, el 35 en encuadernación, 6% en fotograbado y fotolito, el 6% serigrafía, el 25% en grabado en acero y el 8% en otras especialidades.

Figura 3.5 Distribución de la producción en México²⁷



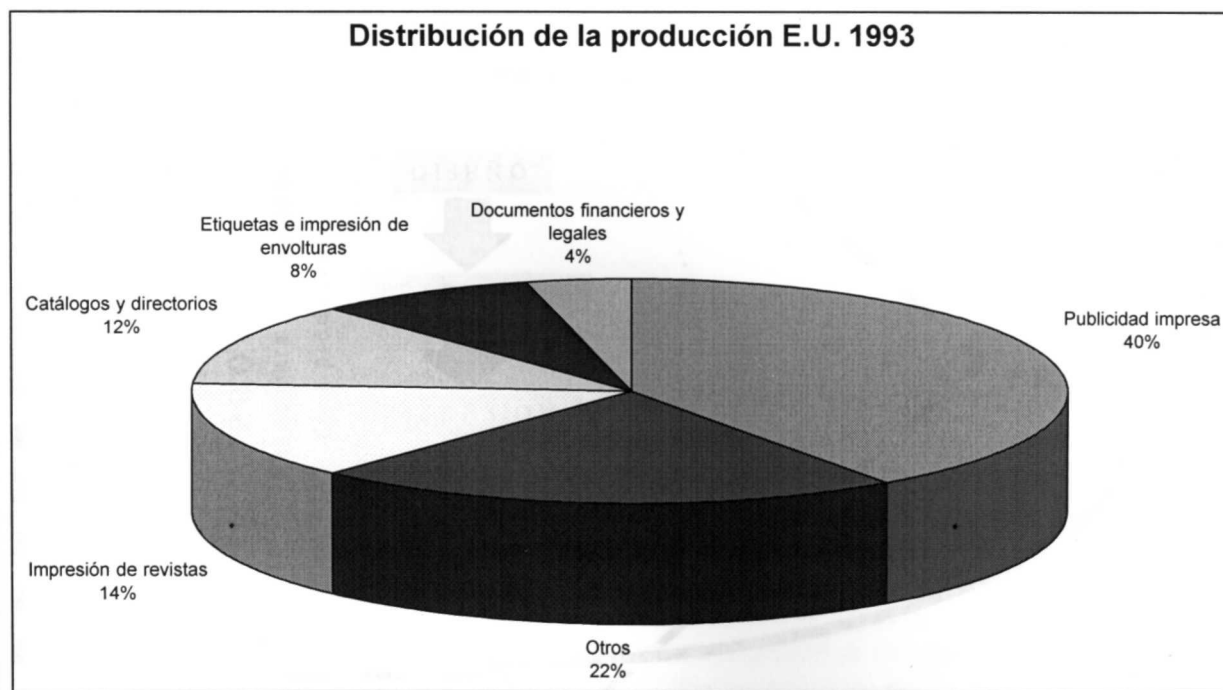
En Estados Unidos la industria de Imprentas y Editoriales (Printing and Publishing) está clasificada bajo el estándar SIC27 (Standard Industrial Classification 27).

La industria tiene alrededor de 60,000 establecimientos y emplean a más de 1.5 millones de personas, por lo que se convierte en la tercera industria más empleadora dentro del sector manufacturero de E.U.

Tan solo las imprentas comerciales en E.U. tienen 37,000 establecimientos que dan empleo a cerca de 565,000 personas. La impresión comercial utiliza los procesos de litografía, tipografía, fotograbado, flexografía y la serigrafía, siendo la impresión por offset, por mucho, el proceso dominante en las imprentas comerciales contabilizando hasta el 79% del total.

La distribución de la producción en E.U. de la impresión comercial en 1993 se estructuró de la siguiente forma: 40% publicidad impresa con más del 90% de los productos elaborados en offset, 14% impresión de revistas impresos en offset y fotograbado. El 12% es representado por catálogos y directorios, siendo las corridas más largas impresas, también, en offset. La impresión de etiquetas y envolturas participan con el 8% dominada principalmente por etiquetas de presión elaboradas en flexografía. Los documentos legales y financieros sumaron el 4% de la producción y el 22% fue para el resto.

Figura 3. 6 Distribución de la producción en Estados Unidos²⁷

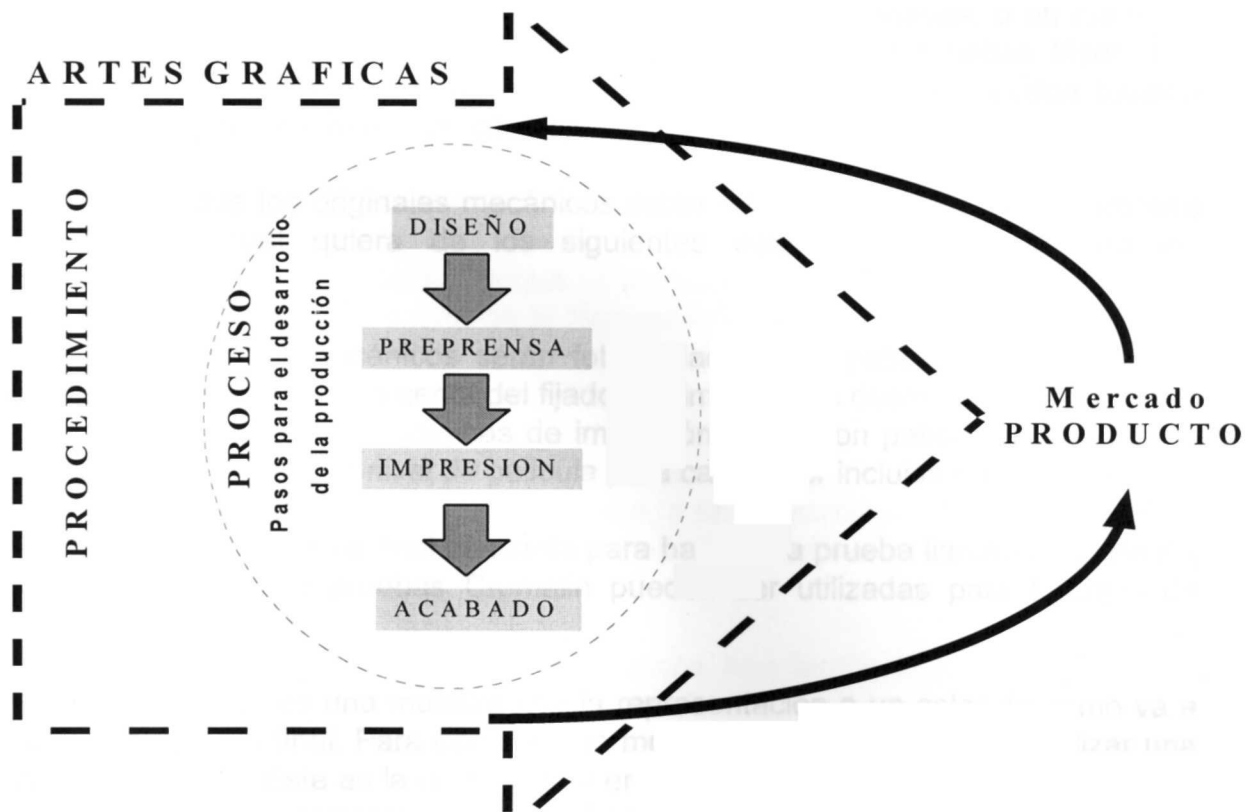


3.4.3 Procesos de la Industria y emisiones a la atmósfera

Las Artes Gráficas es el campo en donde el texto y la imagen son puestas juntas de forma creativa con el objetivo de comunicar algo, multiplicar este trabajo y distribuirlo.

En una empresa típica de Artes Gráficas, las actividades quedarían dentro del siguiente esquema:

Figura 3. 7 Procesos en la impresión en general²⁷



Los procesos que participan son: diseño, preprensa, impresión y acabado o terminado.

El proceso de diseño o diseño gráfico es el proceso creativo que utiliza el arte y la tecnología para comunicar ideas. Esto empieza con un mensaje que, en las manos de diseñador gráfico, es transformado en comunicación visual que trasciende las palabras. Por medio del control de color, tipo, símbolos, y fotografía, el diseñador gráfico crea y maneja la producción de imágenes diseñadas para informar y persuadir a una audiencia específica. Este quizá sea el proceso más castigado en la IAG, y que conforme se vaya desarrollando y madurando el mercado del sector, va a ir cobrando cada vez más importancia (las razones de compra del mercado son en promedio el 11% por diseño).

Un trabajo de impresión solamente entra a la prensa cuando están completas las películas de salida del seleccionador de imagen, que estaría dentro del proceso de pre-prensa o pre-edición.

Un proyecto es considerado listo para cámara cuando incluye: todas las fotografías dispuestas según tamaño y producidas, transparencias para fotografías a color, un modelo del proyecto, y tipo de prueba completo y líneas de arte en tableros con instrucciones claras en capas encadenadas, o un juego de películas negativas con instrucciones claras marcadas en pruebas láser. Las pruebas láser o mecánicas, es el último estado en el cual se pueden todavía hacer correcciones a relativamente bajo costo.

Una vez que los originales mecánicos están listos para la cámara, el proceso seguirá por cual quiera de los siguientes estados, dependiendo de los requerimientos:

Los originales mecánicos serán fotografiados y la película resultante (o la película producida directamente del fijador de imagen) es desmontado en posición para la realización de las láminas de impresión, junto con películas para fotos o ilustraciones. Habrá un nivel de película para cada color incluida en la impresión.

La película resultante final es usada para hacer una prueba llamada "blueline" (pruebas de color o pruebas Cromalin pueden ser utilizadas para trabajos de múltiple colores).

Una "blueline" es una muestra con la representación a un color de como va a quedar el trabajo final. Para trabajos con múltiples colores, se puede realizar una prueba de color. Este es la última etapa en la cual se pueden hacer correcciones, aunque cualquier corrección que se haga en esta etapa requerirá corregir y reproducir el tipo. Estos cambios de último minuto son muy costosos y pueden ocasionar la demora en las fechas de entrega del trabajo.

Una vez que el "blueline" o la prueba de color está lista, las láminas de impresión serán preparadas y se programará el trabajo a realizar en la prensa.

El control del proceso de impresión incluye una gran número de variables que incluyen el flujo de tinta, velocidad de alimentación del papel concentraciones y flujo en la solución fuente, vibración y humedad entre otros.

El último proceso es el de acabado o terminado en donde las hojas terminadas en el proceso de impresión son recortadas, perforadas, dobladas, encuadernadas, rellenas, foliadas, envueltas, estampadas, estampadas en relieve, barnizadas o revestidas.

La tipografía utiliza un negativo en relieve para transferir una imagen al papel, el huecograbado emplea un negativo rebajado y el offset emplea un proceso químico.

Tanto las máquinas de tipografía y offset se dividen en dos tipos: imprentas alimentadas por hojas sueltas y las imprentas con alimentación de papel continuo. La máquina de imprimir es la mayor inversión para los impresores, por lo que los criterios de compra que adquieren mayor relevancia son la capacidad, confiabilidad, servicio, calidad de impresión, la versatilidad, el grado de adaptación, así como el mantenimiento.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la tecnología de impresión pasó de tipografía a offset, ya que ésta ofrecía una mejor calidad de impresión, mayor velocidad y costos menores. Aunque la tecnología offset se remonta hacia los años 20's, fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial que la tecnología empezó a utilizarse en gran escala, en un principio máquinas con alimentación de hojas sueltas. A finales de los 60's estaba casi completa la sustitución a máquinas offset alimentadas con hojas sueltas, y hacia al final de esta época se acentuó la tendencia hacia la tecnología offset alimentadas con bobinas de papel continuo. Esta sustitución se hizo presente, a nivel internacional, hasta finales de los 80's, con una fuerte demanda de rotativas de offset para la impresión de periódicos.

Sin embargo, otros avances tecnológicos han tenido lugar en las últimas décadas: la posibilidad de imprimir en muchos colores, la sustitución de los mandos mecánicos por mandos electrónicos (las primeras unidades de entintado con controles electrónicos aparecieron en los 70's con lo que se automatizó este proceso), también llegaron los detectores informatizados que determinan automáticamente la cantidad de tinta necesaria en diferentes condiciones de impresión, y por último la electrónica y con ella la tecnología digital, que ha permitido avances en el proceso de pre prensa, como por ejemplo en la fotocomposición.

Una de las tecnologías recientes es la impresión flexográfica y que alcanzó una penetración en el mercado en los 80's, especialmente para la impresión de periódicos. La flexografía era una variante de la antigua técnica de la tipografía, pero hacía uso de tintas de anilina (base agua) y planchas flexibles de goma en lugar de los tipos de metal fundido. Esta tecnología se desarrolló inicialmente para el sector de los alimentos envasados, ya que las tintas podían usarse sobre superficies no absorbentes y eran seguras para usarlas en las envolturas de los alimentos. Su calidad para impresión en papel no estaban a la altura del offset, pero tenían una inversión y costos menores.

En resumen, entre los principales procesos de impresión y su potencial de emisiones a la atmósfera tenemos:

Tipografía (Letterpress):

Aunque la Tipografía es el método de impresión más viejo, en la actualidad es aún utilizado. La tipografía ha sido usada para una gran variedad de productos entre los que se incluyen periódicos, libros, revistas y material de empaque. Como habíamos mencionado, el método original inventado por Gutenberg empleaba un proceso de preparación bastante consumidor de tiempo. Esto era por que los caracteres individuales de cada tipo tenían que ser moldeados y colocados dentro de la cama de la prensa antes de imprimir .

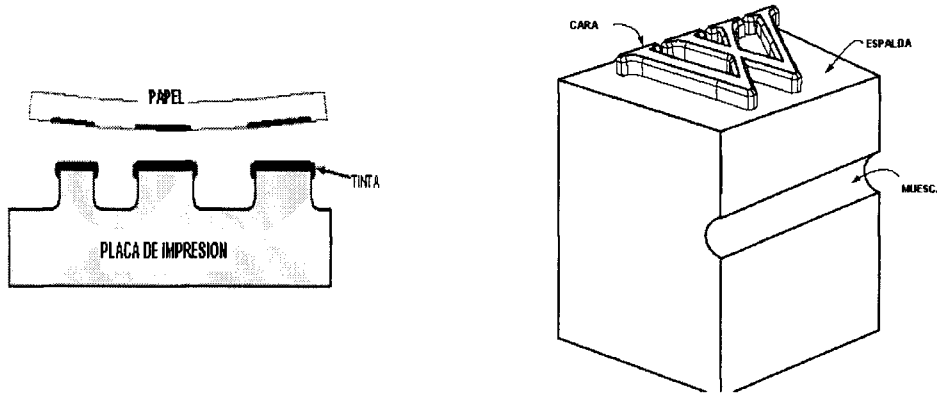
El principio de la tipografía es la aplicación de tinta en una superficie de relieve. Esta superficie es de lectura-incorrecta. La tinta es entonces transferida directamente de la lámina hacia el sustrato produciendo la imagen correcta.

Una característica común a la impresión por tipografía es la apariencia de una aureola alrededor del borde exterior de la figura. Esto es causado por la presión de la lámina en el papel.

Serigrafía (Screen printing):

Este es un proceso directo también conocido como impresión de una pantalla de seda. El nombre se refiere a la lámina porosa que se usa, que es en realidad una pantalla. Tradicionalmente, las fibras de seda fueron usadas como una pantalla pero, debido a la inestabilidad dimensional, a la sensibilidad a las tintas químicas, y la tendencia a causar errores, la seda a sido reemplazada con otros medios. Estos incluyen poliéster, nylon y acero inoxidable.

Figura 3. 8 Proceso de impresión tipográfica²⁷



Un exténsil de lectura-correcta es soportada en la pantalla, a través del cual la tinta es prensada en el sustrato. Las láminas comerciales pueden ser estarcido por cualquiera de las dos formas: por corte a mano o por métodos fotográficos. El estarcido realizado por el corte a mano es limitado a la habilidad del cortador, mientras que la pantalla fotográfica realizada de una película puede, fácilmente, tener más detalles y tener mejor calidad.

La consistencia de la tinta usada en la serigrafía es la más delicada de todos los procesos de impresión. Esto le permite ser prensada a través de los poros de la pantalla. Pero la película de tinta pesada requerida (promediando entre 8 y 20 micrones) , permite colores brillantes y saturados. También debe ser una tinta "corta" (no alargada) para prevenir de estirones indeseables de tinta del patrón cuando la pantalla es removida del sustrato impreso.

Aunque este proceso , originalmente dominó en la industria textil, tiene otras muchas aplicaciones incluyendo posters, señales, carteleras, así como impresión plástica y artística. Las tintas especiales también sirven para otros propósitos como tintas encapsuladas con perfume como las que se encuentran en los anuncios de revistas, tintas termocromáticas que cambian de color con la variación de la temeptratura, tintas fosforescentes (como las que podemos ver en algunas playeras). En todos los casos, el tamaño de la estructura de la pantalla limitan las capacidades de este método de impresión.

El tiempo de secado debería ser relativamente rápido, pero aún es demasiado lento como para prevenir a la pantalla de obstrucción. Secadores infrarrojos pueden ser usados para acelerar el proceso de secado.

Emisiones a la atmósfera:

- **Problema mayor emisión de VOC's , emisiones fugitivas, resultado del uso de tintas y solventes durante el proceso de impresión.**
- Los solventes base petróleo son usados en la formulación de tintas. El método para calcular el % de VOC's en la tinta es el método 24.
- tecnología de control: quemadores térmicos y catalíticos., con una eficiencia entre el 70 a 80%
- El principal método de control que se aplica es el uso de producto bajos en VOC's.

Litografía (offset):

Alois Senefelder fue el primero en desarrollar este proceso de impresión en Alemania. En 1798, su proceso consistió de una piedra litográfica, tinta, papel, agua y cera. La piedra fue dibujada con la cera resistente al agua, entonces la tinta y el agua fueron aplicados. El agua permaneció en las áreas de la piedra donde no había cera, mientras que la tinta fue atraída hacia las áreas enceradas. En una prensa plana, la piedra se puso en contacto con el papel, formando lo que conocemos como impresión litográfica.

La popularidad de este proceso llega a ser importante con la venida de la prensa rotatoria, la lámina de metal envuelta en metal, y el cilindro offset. Desde ese momento, la litografía ha madurado a una cada vez mayor calidad y procesos más rápidos que nunca.

La litografía offset es comúnmente referida como offset o impresión lito. Es un proceso de impresión muy común y es capaz de producir una excelente calidad de impresión en una gran variedad de sustratos, ya sea con alimentación de hojas sueltas o en bobina.

Las láminas de impresión usadas en los procesos litográficos están hechas de aluminio plano de calibre delgado . La lámina es tratada fotoquímicamente, de tal forma que las áreas a ser impresas son receptivas de aceite y repelentes de aguas (las áreas sin imagen atraen el agua, pero repelen la tinta). La lámina de impresión se monta en el cilindro para la lámina de la prensa. Este cilindro es traído en contacto con la "fuente de agua" y luego con la "fuente de tinta". La tinta

es base aceite de tal forma que solo está presente en las áreas con imagen de la lámina, en otra parte el agua actúa como una barrera entre la lámina de la fuente de tinta. La lámina entintada conteniendo la imagen de lectura-correcta es traída en contacto con el cilindro de cubierta. Algo de tinta es transferida en la cubierta y la imagen ahora es de lectura-incorrecta. La cubierta se pone en contacto con el papel en el cilindro de impresión y la imagen de lectura correcta es producida.

Uno de los factores más importantes que afectan la calidad de la imagen offset es el tipo de lámina usada. Las láminas de impresión están disponibles para trabajo positivo o negativo.

En láminas positivas, las áreas de imagen son aquellas que no están expuestas cuando la película final se usa para “quemar” la lámina. Este “quemado” o exposición generalmente toma lugar en una estructura de contacto usando luz ultravioleta. La lámina es entonces desarrollada y las áreas donde no hay imagen son desensibilizadas de tal forma que no atraen tinta. Cuando se usan láminas positivas, es posible que la imagen siendo expuesta puede aparecer sucia, ya que el polvo en la película aparece como un punto en la lámina (este es un problema menor en láminas negativas). Para evitar este efecto, las láminas positivas son generalmente sobre- expuestas.

El trabajo sobre láminas negativas es de manera similar, pero éstas son hechas de una película negativa. Las áreas con imagen son expuestas, ocasionando que la lámina sea sensible (receptiva) a la tinta en esas áreas. Las áreas no desarrolladas de la lámina son desensibilizadas de tal forma que repelerán la tinta. La lámina es entonces “engomada” para mantener esas propiedades.

El secado de la tinta litográfica puede ser por cualquiera de los siguientes métodos: curado por radiación, heatset, penetración, quick set o por oxidación/polimerización.

La viscosidad de la tinta puede variar en un rango de entre 2 a 30 PaS. Si la tinta tiene una viscosidad débil, pueden ocurrir problemas de emulsificación. La película de tinta es la más delgada de todos los procesos de impresión promediando de 1 a 3 micrones. Debido a esto, la pigmentación de la tinta debe ser relativamente alta para lograr colores saturados.

Emisiones a la atmósfera:

LITOGRAFIA TERMICA

- El proceso puede utilizar un secador para evaporar el aceite de la tinta. Otras tintas curan por reacción química entre componentes (contienen un solo reactivo volátil y pigmento, bajo nivel de VOC's emitidos)
- **Las emisiones de la litografía térmica provienen principalmente de tres fuentes:**
 - La tinta, la solución fuente y solventes de limpieza

LITOGRAFIA NO TERMICA

- Se diferencia de otros procesos por su tinta única y los requerimientos de papel. Estas tintas dependen de la rápida absorción del vehículo de tinta que hace la superficie de papel. No requiere la aplicación de calor para curar o evaporar el vehículo.
- **Las evaporaciones de la litografía no térmica provienen de tintas, solución fuente, marcado de placas y solventes de limpieza.**
- Baja volatilidad de los componentes usados en las tintas de impresión. Limita las opciones de control.
- En teoría todos los materiales transferidos al papel penetran la superficie. Medir la pérdida de cualquier material retenido en la hoja impresa es impedida por la baja concentración de tinta en una página impresa (1 o 2% por peso).
- No se puede utilizar el Método 24 porque fue diseñado para secarse mediante evaporación.
- Mejor alternativa de control: reformulación de las tintas.
- Si utiliza alcohol isopropílico en el sistema de humectación (solución fuente)
- Solución fuente no es la principal fuente de emisión.
- Preparación de placas, por el contenido tradicional de un componente alcohol-cetona para estabilizarse.
- El mejor dato disponible acerca de la química del aire en la litografía no térmica, la limpieza de la prensa es la fuente del 90%-95% de todas las emisiones de los procesos no-térmicos. Las tecnologías de control se basan en la reducción de solventes en las soluciones de limpieza o usar solventes menos volátiles.

IMPRESION LITOGRAFICA DE ALIMENTACION DE HOJAS MANUAL

- **Emisiones provenientes de químicos, que incluyen solventes de limpieza, soluciones fuente, tintas de impresión y materiales de cubierta.**
- Muchas de las emisiones son fugitivas, pérdidas evaporativas y son muy pequeñas en cantidad:

Operaciones de preprensa: operaciones fotográficas utilizan alcohol isopropílico y otros solventes al desarrollar la película, la prueba de color y algunos proceso de impresión en la placa.

Sistema de humedad-solución fuente clave para el mantenimiento adecuado de los límites mediante la aplicación de soluciones fuente.

Sistemas de tinteo, tintas

Limpieza de rodillos y cilindros.

Sistemas de cubierta en línea.

- Muchas de las emisiones de aire de las impresión son fugitivos no es práctico poner tecnología. La única forma es reduciendo las pérdidas evaporativas durante las operaciones de impresión, que incluyen la refrigeración de la solución fuente, sustitutos de alcohol isopropílico en la solución fuente, uso de solventes menos orgánicos con componentes menos volátiles.

Flexografía:

La primera imprenta flexográfica, equipada con alimentación continua, una lámina en relieve de hule, y tintas de secado rápido, fue desarrollada en Francia por C.C. Holweg. El relieve de la lámina flexográfica es similar a las usadas en tipografía, a diferencia de los sistemas de entintado de los dos procesos difiere.

La Flexografía es usada para imprimir en una gran variedad de sustratos incluyendo materiales no absorbentes y lisos. Además puede utilizar papeles de diferentes espesores, etiquetas, hojas delgadas de metal, películas y plásticos.

La imagen a imprimir es grabada en una lámina flexible de hule o fotopolímero fijada a la circunferencia del cilindro para la lámina. Un rodillo fuente, sumergido en la cuenca de tinta, transfiere la tinta al rodillo anilox. Una hoja o rodillo quita el exceso de tinta antes de que el rodillo anilox haga contacto con el cilindro para la lámina. El espesor de la película de tinta es controlada por esta hoja, por e rodillo anilox, o rodillos limpiadores.

Los dos tipos de láminas usadas en este proceso son láminas de hule o fotopolímeros. Primero, las láminas de hule son hechas con un grabado de magnesio de una película negativa. Después, el grabado es usado para hacer el molde vía la aplicación de una temperatura y presión específica al material de grabado del molde. Una lámina de plástico es entonces formada forzando una hoja de hule dentro del molde bajo calor y presión.

Las láminas de fotopolímero están hechas por la exposición de polímero fotosensible a luz ultravioleta de gran intensidad. En las áreas expuestas, el polímero se une a un material molecular de cadena larga, y el material menos

estable de cadena corta se elimina. La lámina debe ser post-curada y estabilizada. Existen sistemas de fotopolímeros líquidos y en hojas sólidas.

La Flexografía puede utilizar varios diámetros de los cilindros para la lámina, permitiendo un alto rango de longitud de impresión. Esto se debe a su sistema de entintado relativamente simple.

La prensa es capaz de correr a altas velocidades, y puede imprimir en una gran variedad de sustratos. Sin embargo hay ciertas limitaciones a este proceso. Existe una tendencia para la distorsión y mal registro de la imagen, además la resolución posible por este proceso no es tan alta como otros métodos de impresión, como el offset.

Emisiones a la atmósfera:

- **Las emisiones son principalmente por solventes orgánicos que están presentes en las tintas y de solventes utilizados para la limpieza.**
- Las emisiones están limitadas a los componentes volátiles de las sustancias.
- Solventes usados en la impresión etanol, isopropanol, hexeno, tolueno, acetato isopropil, acetato N-propil. éter y agua.
- Tintas base agua se usan mejor cuando el elemento es poroso. Se usa excelentemente en la impresión de periódico. Sin embargo las tintas también contienen VOC's (aminas, alcoholes, glicoles y éter).
- Cuando se utiliza tinta base agua exclusivamente no se requiere control de emisiones.
- Estrategia de control para tintas con solventes orgánicos, adsorción, absorción y condensación, incineración térmica.

Huecograbado (Gravure):

El huecograbado se usó por primera vez durante la era del Renacimiento. Los artistas fijaban y grababan imágenes en cobre antes de llenarlas con tinta. Después las láminas de cobre fueron usadas en prensas para crear un efecto similar. A través del tiempo, el fotograbado se ha desarrollado en un proceso de gran calidad.

El huecograbado es un proceso directo que usa una lámina de lectura incorrecta con células de diferente profundidad para alterar el tamaño del punto.

El huecograbado es el método preferible para corridas largas. Las revistas o material de envoltura son comúnmente producidos por este método de impresión.

Emisiones a la atmósfera

- **Los solventes usados en las tintas de impresión son definidas por la EPA como VOC's.**
- Regulaciones del CAA, recuperación de solvente, incineración de vapor solvente, uso de agua en solución de tintas y cubiertas, uso de sólidos basados en tintas y cubiertas.
- Nivel de solvente en la tinta se establece por el método de la EPA 24 (tintas que contienen agua) y 24A (tintas que no contienen agua).

Las aplicaciones de los diferentes procesos pueden verse de forma resumida en la siguiente tabla,

Tabla 3. 7 Descripción, Aplicaciones, y Porcentaje de Distribución de los principales procesos de impresión E.U.

Proceso	Descripción	Principales aplicaciones	Distribución porcentual proyectada			
			1991	1995	2000	2025
Litografía (offset)	Impresión(offset) indirecta que utiliza un elemento intermedio (blanket) entre la imagen y el sustrato.	Revistas, Periódicos, Libros, Sobres, Etiquetas y rótulos, Papeles membretados, Tarjetas de felicitación, Anuncios, Empaque (Cajas de papel)	47	47	45	35
Fotograbado	Método de impresión basado en fotografía y fotomecánica capaz de reproducir gráficos con tonos continuos	Empaque, Anuncios, Revistas, Notas de banco, Grabado, suaje, Libros artísticos, Reportes anuales, Productos tejidos, Cubiertas, Películas y láminas	19	18	17	16
Flexografía	Transferencia directa de una imagen de una placa flexible con tinta, frecuentemente utilizada como rotativa.	Empaque, Periódicos, Revistas, Directores, Etiquetas	17	18	19	21
Tipografía	Imagen transferida por presión directamente al papel de una placa entintada.	Revistas, Periódicos, Libros, Papel membretado, Anuncios	11	8	5	4
Serigrafía	La tinta es pasada a través de un material poroso para formar la imagen impresa	Señalización, electrónica, cerámica y vidrio, calcomanías, tarjetas, paneles, algunos anuncios publicitarios, artes finas, textiles, contenedores, y objetos tridimensionales	3	3	3	3
Otros	Electrónico, tecnología in jet, procesos sin placas (digital).	Formas comerciales de tiros cortes, manuales, cartas por computadores, boletos, códigos de barra, rótulos, cheques	3	6	11	21

Fuente: Bruno 1990; Bruno 1991; Kirk-Othmer 1982; McGraw-Hill 1987

3.4.4 Prospectiva Tecnológica del Sector

Las necesidades de los clientes del sector se satisfacen por medio del uso de tecnología, ya sea por parte de nuestras empresas o de nuestros competidores. La tecnología es, por lo tanto, un elemento fundamental para la consolidación y desarrollo del mercado, para la penetración de otros, y la creación de nuevos segmentos o nichos de éste para los productos de Artes Gráficas.

Si observamos un poco el ambiente bajo el cual se desarrollan no solo las actividades de la Industria de Artes Gráficas sino de toda la industria, podemos apreciar que probablemente la característica más distinguible de éste sea la velocidad del cambio tecnológico. En la actualidad, la razón de cambio y el alcance de los cambios no tienen precedentes en la historia de la humanidad. En este mismo ambiente una característica que distingue a las empresas es su competitividad, el ser competitivos. La competitividad está determinada por la tecnología. Sin embargo la competitividad no solo depende del desarrollo de nueva tecnología, sino también de como se responde al cambio tecnológico y como se administra la tecnología en la empresa. En otras palabras la estrategia tecnológica, y por lo tanto las actividades se van a determinar de acuerdo a los objetivos de las empresas, a su posición competitiva y a sus recursos.

Con el fin de tener una perspectiva estratégica de la tecnología es necesario entender los principios de utilización de tecnología:

- Las tecnologías tienen ciclos de vida y etapas de madurez (embrionica, crecimiento, madurez y envejecimiento),
- Las tecnologías tienen potenciales muy diversos en cuanto a su impacto competitivo (base, clave, de punta)

La madurez de una tecnología es intrínseca a la misma tecnología, independientemente de la industria en la cual se aplica. Sin embargo; el impacto competitivo de una tecnología es extrínseco, ya que depende de la industria que lo aplica.

Con respecto al impacto competitivo de las tecnologías, éstas se clasifican como:

- Tecnología BASE : son aquellas tecnologías esenciales para estar en el negocio, son ampliamente explotadas por la mayoría de los competidores y tienen muy poco impacto competitivo, es decir no me permiten diferenciarme de mis competidores.

- Tecnología CLAVE: son aquellas tecnologías que me dan una ventaja competitiva, ya que permiten la diferenciación de mi competencia. Tienen un mayor impacto sobre el desempeño competitivo.
- Tecnología DE PUNTA: son aquellas que están en experimentación por algunos competidores y su impacto probablemente sea importante. Estas tecnologías tienen el potencial de cambiar completamente las bases de competencia, aunque no han sido incluidas en algún producto o proceso.
- Tecnología EMERGENTE: son aquellas que están en fase de investigación y desarrollo y realmente no se conoce su impacto competitivo.

Las tecnologías que impactan no solo a la Industria, sino a la rama de Imprentas y Editoriales en su conjunto, no son exclusivas del sector sino que impactan de manera importante al mercado de las comunicaciones. La tecnología de las comunicaciones y de las computadoras están sufriendo cambios muy rápidos y fundamentales, lo que ha sido efecto de la revolución en la electrónica digital. La capacidad para comunicar audio, texto y video electrónicamente está creciendo explosivamente, y eso también está favoreciendo que el precio por unidad de comunicación electrónica esté sufriendo una reducción importante. Esta revolución digital está impactando las industrias de la televisión, video, animación, comunicación, informática y a la industria editorial. Un aspecto muy importante es que este impacto no es exclusivo de estas industrias, las empresas que emplean sistemas de comunicación y de cómputo para la producción de bienes y servicios, así como para su comercialización, se verán también transformadas. Estos cambios profundos resultarán en mayores cambios en la estructura del mercado de las comunicaciones, y un aspecto a considerar es que las nuevas capacidades van a responder a los deseos de los clientes, ya sea que éstos quieran una respuesta auditiva, visual o simplemente impresa en papel.

La tecnología y la producción en el sector han cambiado de mecánica y manual a ser más intensiva en computación y electrónica, por lo tanto más demandante para administración.

Mucho de lo que está pasando en el sector a nivel internacional está pasando en pre prensa o pre-edición, en donde más equipo de cómputo y tecnología de información está siendo usado para producir originales listos para imprimirlos y ya es una realidad que muchos de los clientes de la industria lleven a cabo una buena parte de la producción por sí mismos. Esto se ha desarrollado en gran medida por las comunicaciones por computadora, así como por la utilización de estándares internacionales que reducen la necesidad de cercanía geográfica del cliente a la planta.

Las tecnologías tradicionales de impresión y acabado también están siendo mejoradas con la incorporación de dispositivos computarizados, nuevos materiales y nuevos métodos.

Si analizamos las tendencias a nivel internacional, podremos apreciar que las tecnologías son principalmente clave (Figura 3.9 y 3.10) y están en una etapa de crecimiento. Podemos apreciar que entre las tecnologías que se consideran de punta y que están en crecimiento son los nuevos materiales, la comunicación interactiva, junto con los sistemas digitales, el trabajo interactivo con gráficas en 3 dimensiones, texto y animación, imágenes en 2 dimensiones, audio y video en cualquier combinación y, en tiempo real, la pre prensa digital y la edición On Line.

El CD ROM es una tecnología clave que está entrando a una etapa de madurez, mientras que otras tecnologías clave que están en crecimiento son los sistemas digitales, animación, multimedia, la resolución, la impresión rápida, los dispositivos computarizados, así como los nuevos métodos de producción.

Figura 3.9 Papel de la Tecnología en Artes Gráficas a nivel internacional²⁷

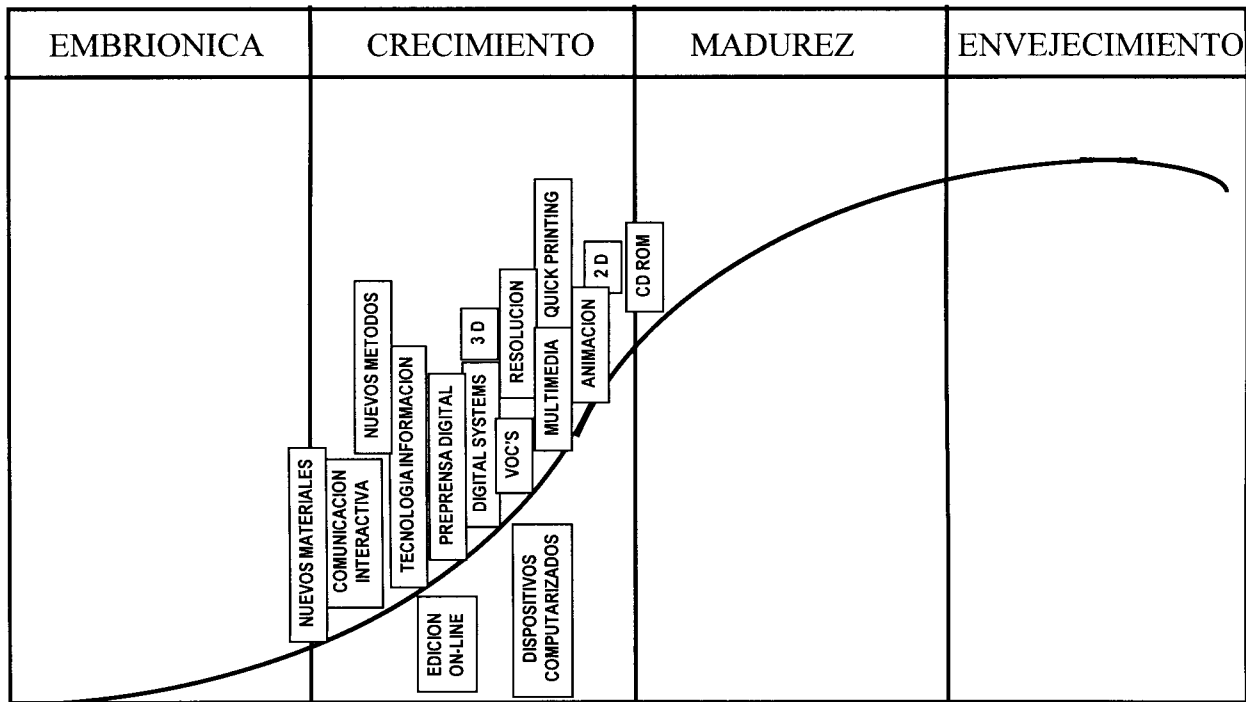
PAPEL DE LA TECNOLOGIA	EMBRIONICA	CRECIMIENTO	MADUREZ	ENVEJECIMIENTO
BASE				
CLAVE		DISPOSITIVOS COMPUTARIZADOS SISTEMAS DIGITALES RESOLUCION VOC'S 2 D QUICK PRINTING ANIMACION MULTIMEDIA	CD ROM	
DE PUNTA		NUEVOS METALOS PREPrensa DIGITAL EDICION ON-LINE NUEVOS MATERIALES TECNOLOGIA INFORMACION 3 D COMUNICACION INTERACTIVA		
EMERGENTE				

Dentro de este mismo contexto internacional, la nueva tecnología trae consigo métodos más rápidos y mejores para imprimir y entregar el producto al cliente. Mejor tecnología y su capacidad de flexibilidad son necesarios para crear catálogos, revistas y libros con un alto valor agregado, con mayor énfasis en los costos, calidad y el tiempo.

- Con respecto a las tecnologías ambientales, el rigor de las regulaciones que protegen el ambiente a nivel internacional, pero sobre todo en Estados Unidos, sumarán y afectarán las estructuras de costos de los impresores. A las imprentas les atañen el manejo de toxinas, carcinogénicos (sustancias que

pueden ocasionar cáncer) y compuestos orgánicos volátiles (VOC's), lo que ha ocasionado a nivel internacional el incremento en el uso de soluciones sin alcohol, tintas base agua, reveladores y fijadores sin solventes.

Figura 3. 10 Madurez de la Tecnología en Artes Gráficas a nivel Internacional²⁷



- Otra prioridad de la industria a nivel internacional es el porcentaje de papel reciclado usado en los productos impresos.
- Una de las preocupaciones ambientales más importantes es sin duda el crecimiento potencial concernientes a la disposición de materiales de desecho, y especialmente de materiales que ya han sido dispuestos en años anteriores, que en la actualidad son considerados como peligrosos.

3.4.5 Sector Industrial en México.

Las relaciones entre los procesos industriales y el medio ambiente son muy complejos y pueden explicarse desde diferentes enfoques. Existe una relación

directa entre consumo de combustibles y la contaminación provocada por la combustión de aquellos. Por lo que el punto de partida para la elaboración de un inventario de emisiones potenciales atmosféricas del sector manufacturero es el consumo de energéticos por rama.

El sector industrial de México, y de muchos otros países en vías de desarrollo, se ha caracterizado por el predominio absoluto de los hidrocarburos y dieferentes compuestos orgánicos volátiles en los procesos productivos, sin embargo se pierde vista cuando estas sustancias se usan no como fuente de energía, sino como materia prima de un proceso productivo. Mientras en otros países el petróleo no rebasa el 40% en la estructura de generación primaria, en América Latina alcanza el 60% y en México el 70%. A pesar de ello, el conocimiento de la realidad ambiental de la áreas urbano-industriales enfrenta en la actualidad serias dificultades y deficiencias. Por lo tanto es necesario replantear la estrategia ambiental en términos de un sistema de información que vincule los inventarios de los recursos energéticos con los procesos y actividades que conllevan un deterioro a la calidad ambiental.

Con datos del Balance Nacional de Energía, y en base a los coeficiente de contaminación según el tipo de combustible utilizado dentro del sector industrial, hay doce ramas económicas con altas intensidades energéticas:

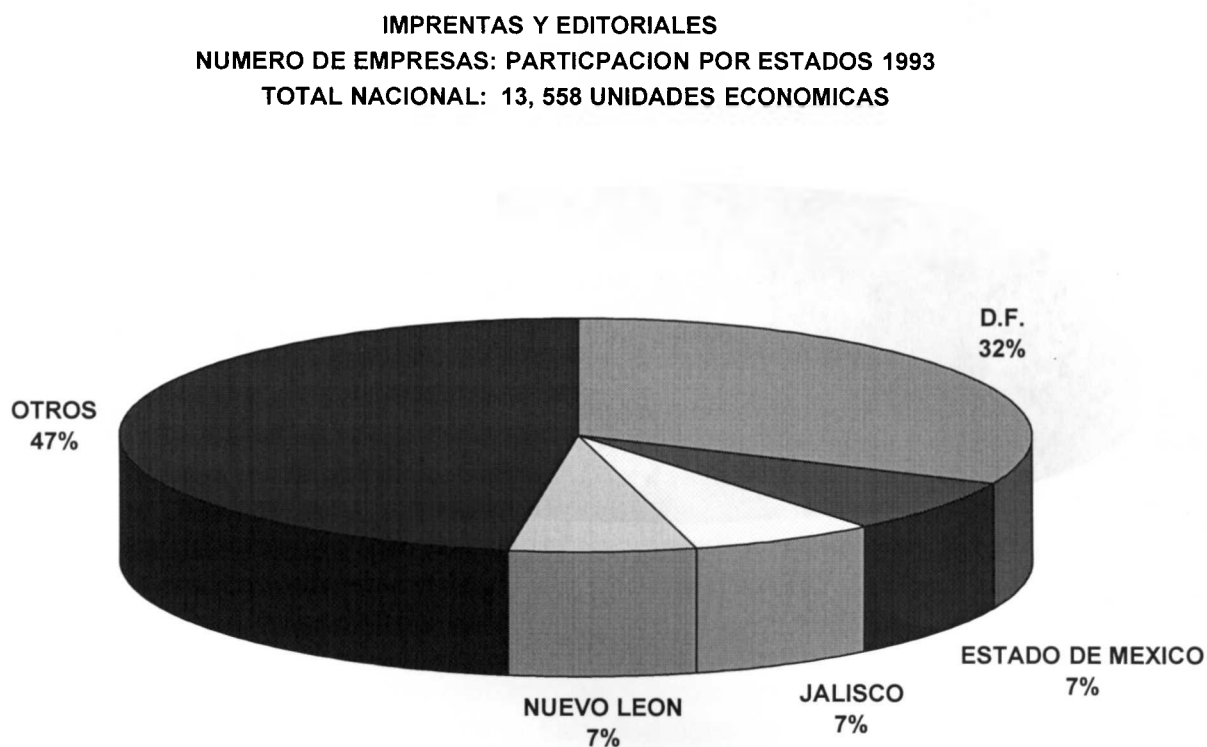
- Alimentos y bebidas
- Celulosa y papel
- Cemento, cerámica y otros minerales no metálicos
- Hule
- Maquinaria y equipo
- Industria Metálica ferrosa y no ferrosa
- Química
- Textil y vidrio
- otras industrias

La contribución económica y social de esta ramas son importantísimas, pero sus procesos de producción utilizan combustibles de alto poder calorífico, por lo que emiten a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes.

Sin embargo, la implantación de una estrategia no puede depender solo del consumo de combustibles sino también de las sustancias que se liberan como resultado de un proceso productivo, así como del manejo de sustancias ya sea materia prima, material en proceso que pudieran alcanzar no solo la atmósfera sino también otros medios como agua y/o suelo.

El sector Artes Gráficas es una de estas ramas de la industria manufacturera que pudiera ser impactada por las estrategias de contaminación del aire del en la principales zonas metropolitanas del país.

Figura 3. 11 Número de empresas de Artes Gráficas a nivel estatal⁶



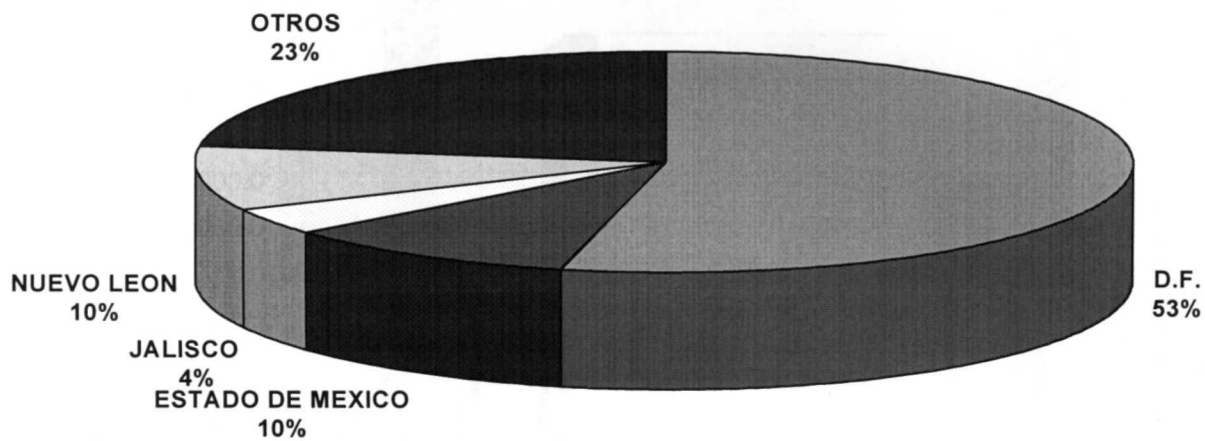
El 53% de las empresas del sector de la rama Imprentas y Editoriales se encuentra concentradas en 3 estados y el Distrito Federal. Sin embargo la cantidad se hace mayor cuando hablamos de la ZMCM, en donde además de las empresas que existen en el D.F. se contabilizan las que están en esta zona y que pertenecen al Edo. de México.

Si observamos el consumo de materias primas y auxiliares, tenemos que el D.F. consumió en valor, el 53% del total nacional, seguido por Nuevo León y el Edo. de México con 10% cada uno y Jalisco con el 4%

De acuerdo al censo industrial de 1994 en la rama Imprenta y Editoriales se consumieron al menos 4'909,916 toneladas de tinta para los procesos de impresión.

Figura 3. 12 Materias primas consumidas por el sector de Artes Gráficas en México⁷

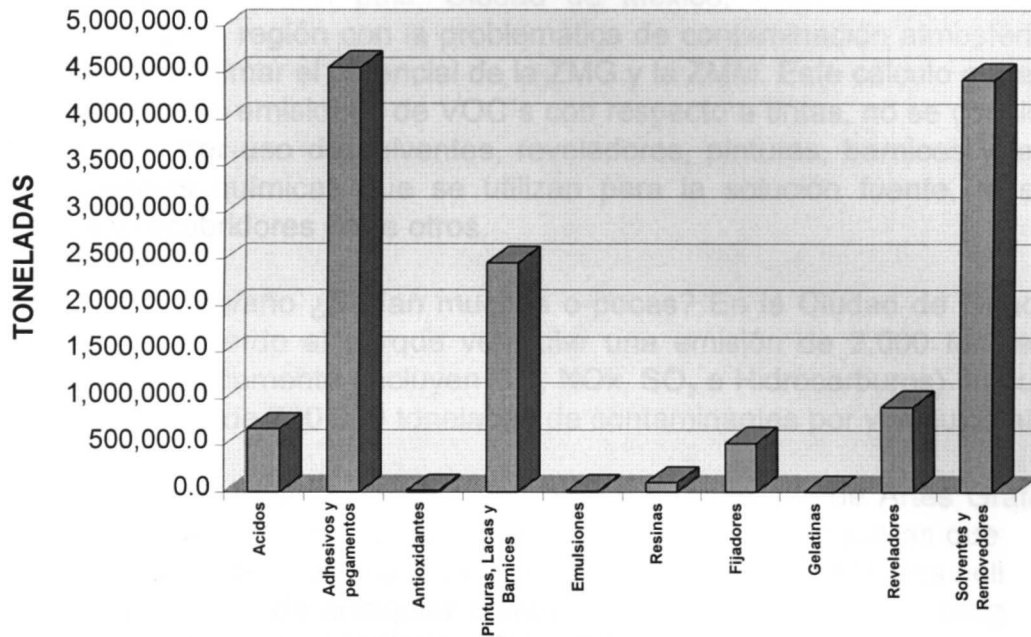
**IMPRENTAS Y EDITORIALES
MATERIAS PRIMAS Y AUXILIARES CONSUMIDAS EN VALOR
TOTAL NACIONAL: N\$ 3.845.559,0 miles**



Con respecto a otras materias primas como otros productos químicos, los adhesivos y pegamentos representaron un consumo de 4'600,000 ton, las pinturas, lacas y barnices 2'470,000 ton; los solventes y removedores se consumieron en 4'427,727 ton; los reveladores en 920,000 ton entre los más importantes (Fig. 3.13).

Figura 3. 13 Otros productos consumidos por Artes Gráficas⁷

**MATERIA PRIMAS Y AUXILIARES CONSUMIDAS EN
IMPRENTAS Y EDITORIALES 1993
OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS**



Si hiciéramos un pequeño ejercicio para hacer una estimación muy general de las emisiones de VOC's solo por la cantidad consumida de tintas, tendríamos lo siguiente,

Contenido de VOC's en la tinta (ver anexo D)

$$C_i = M_i \times W_i / 100$$

C_i = Contenido de VOC en la tinta

M_i = Cantidad de tinta utilizada en peso

W_i = % de VOC (por peso) en la tinta

E_i = Emisiones de VOC de la tinta

R = % VOC (por peso) retenido en el papel

$$E_i = C_i \times (1 - R/100)$$

Suponiendo $W_i = 20\%$ (es un valor normal en tintas convencionales)

$R = 95\%$ (así lo marca los lineamientos de técnicas de control de la EPA)

$M_1 = 4'909, 916 \text{ ton}$ (datos de consumo en 1993 en México)

tendríamos una producción aproximada de 50,000 ton de VOC's, esto es 4,167 ton al mes a nivel nacional. Pero si de esta cantidad, sabemos que el 77% del consumo de materias primas en valor lo tienen los estados con las tres principales zonas metropolitanas del país: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, siendo la ZMCM la región con la problemática de contaminación atmosférica más severa, sin subestimar el potencial de la ZMG y la ZMM. Este cálculo general solo representa solo las emisiones de VOC's con respecto a tintas, no se consideraron las emisiones por uso de solventes, reveladores, pinturas, barnices y lacas, y otras sustancias químicas que se utilizan para la solución fuente, la solución limpiadora y recubridores entre otros.

Estas 50,000 ton/año ¿Serían muchas o pocas? En la Ciudad de Guadalajara se estimo, de acuerdo al parque vehicular una emisión de 2,000 toneladas de contaminantes diariamente (incluyen CO, NOx, SO₂ e Hidrocarburos) lo que sería una emisión anual de 730,000 toneladas de contaminantes por vehículos al año.

Si la comparamos, por ejemplo con aquellas empresas de Artes Gráficas de E.U. definidas como fuente mayor, tenemos que estas son aquellas que emiten o tienen el potencial de emitir 10 ton o más por año de contaminantes peligrosos al aire o 25 ton o más de cualquier combinación de contaminantes peligrosos en aquellas áreas de ozono prioritarias. Si las 50,000 toneladas al año que se emiten en México las dividiéramos entre las 10 toneladas que definen a una fuente mayor en E.U, obtendríamos 5,000 empresas que estarían contribuyendo de manera importante en la contaminación del aire. Es obvio que, dada la estructura del sector, las empresas que pudieran emitir 10 ton anuales no son muchas, pero como en su mayoría el sector es eminentemente micro y pequeño, por lo que la suma de las emisiones individuales puede ser importante.

Es cierto que no podemos extrapolar soluciones y conclusiones de otros países (en este caso de E.U.) a México. Sin embargo, la estructura de las empresas a Artes Gráficas en E.U. no es muy diferente de la de México (80% de las empresas son micro).

Es posible que aquí en México el problema se agudice, ya que tenemos un problema de concentración industrial del sector importante, que no se presenta en E.U. Prácticamente el 68-70% de las empresas del sector Artes Gráficas del país están concentradas en las zonas metropolitanas con mayores problemas de contaminación del aire en México: Guadalajara, D.F. y Monterrey.

Con respecto a la revisión de los procesos, tecnologías y metodologías para el control de la contaminación del aire en el sector, existen bases técnicas para desarrollar una estrategia de control de la contaminación del aire. Aunque existe

una limitante importante por la falta de información técnica con respecto a los procesos, materias primas y procedimientos por parte de las empresa.

Aquí cobra más importancia el hecho de que el conjunto de tecnologías de control cumplan con las metas de calidad del aire del sector tomando en cuenta la efectividad de las tecnologías individuales y globales en términos de factibilidad:

- Económica
- Tecnológica
- Política
- Social

y aquí en México de los principales obstáculos son los factores económicos, tecnológicos, educación y cultura empresarial hacia el cuidado y protección del ambiente.

CAPITULO 4

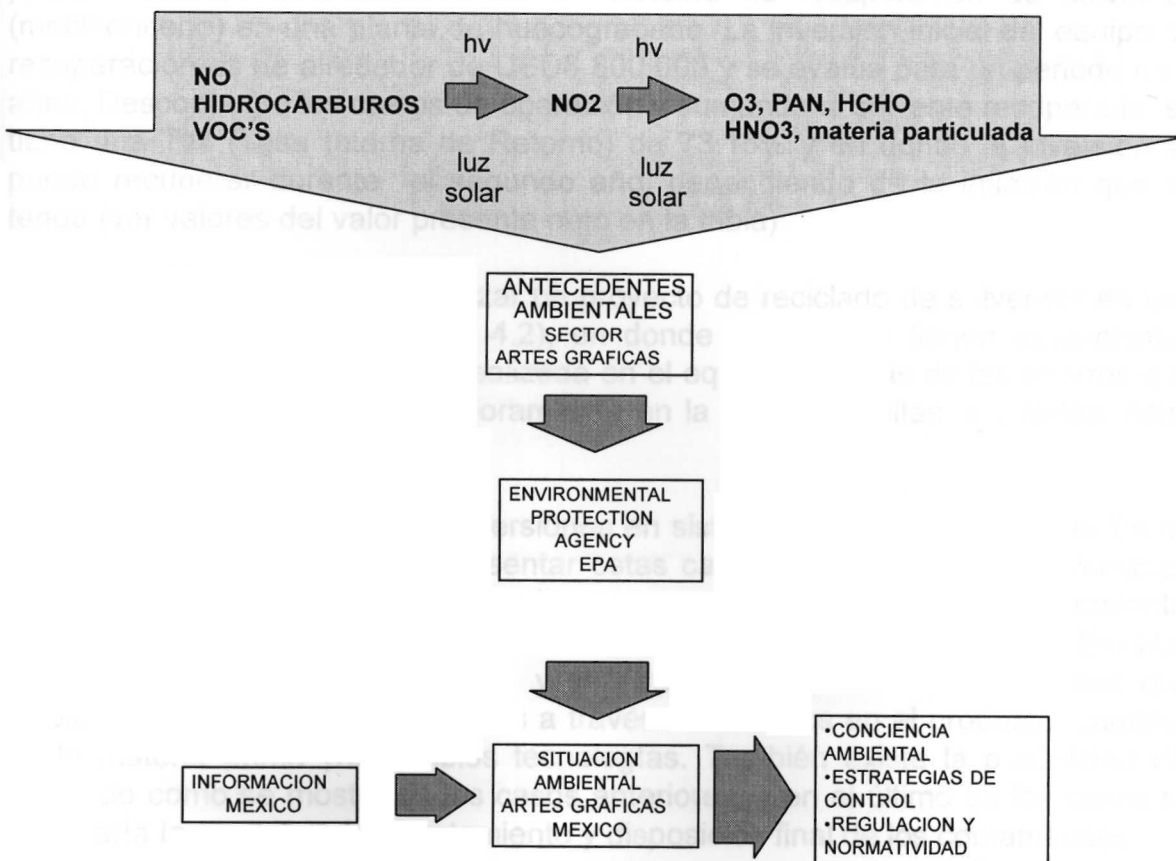
DIAGNOSTICO DEL SECTOR Y MODELO SUGERIDO

4.1 Diagnóstico del Sector Artes Gráficas

Para realizar el diagnóstico del sector es necesario recordar la metodología propuesta en el primer capítulo,

El esquema total de la metodología se sintetiza en la siguiente figura:

Figura 1.3. Metodología



Hasta este Capítulo se han establecido las diferentes etapas de este modelo. Se ha establecido las relaciones entre los Compuestos Volátiles Orgánicos,

VOC's, y los Oxidos de Nitrógeno, NOx, como precursores en la formación de Ozono, O₃, y otros contaminantes. Se revisaron los antecedentes ambientales de la Industria de Artes Gráficas en Estados Unidos y las regulaciones que afectarán su actividad. Posteriormente se revisó la situación del sector en México con los datos disponibles, y se planteó una problemática que pudiera tener efectos potenciales en el mediano y largo plazo. Sin embargo, la información con la que se dispone es todavía insuficiente para poder establecer una serie de acciones que permitan al sector enfrentar esta situación de contaminación al aire desde un enfoque de prevención, y de prever aquella normatividad potencial que pudiera afectarlo.

Existen muchos casos de éxito en empresas de la Industria de Artes Gráficas en donde se han implantado diversos sistemas de control y prevención de la contaminación, lo que demuestra que es posible conciliar los intereses económicos y los intereses del cuidado del medio ambiente. En la tabla 4.1 se puede observar la evaluación de un sistema de recuperación de solventes (metilbenceno) en una planta de huecograbado. La inversión inicial del equipo de recuperación es de alrededor de USD\$ 800,000 y se evalúa para un periodo de 5 años. Descontando los costos de operación y sumando el solvente recuperado, se tiene una TIR (Tasa Interna de Retorno) de 73.15% y en donde la inversión se puede recuperar durante el segundo año, dependiendo de la inflación que se tenga (ver valores del valor presente neto en la tabla).

En otro caso, se puede analizar un proyecto de reciclado de solventes en una planta de Artes Gráficas (tabla 4.2), en donde también se tienen rendimientos importantes sobre la inversión realizada en el equipo, además de los ahorros que se pudieran generar por un mejoramiento en la imagen, multas ahorradas, entre otras.

Sin embargo, no todas las inversiones en sistemas de control y prevención de la contaminación tienen que presentar estas características, pero si demuestran que es posible obtener beneficios de un programa de Administración Ambiental con un enfoque de prevención. En este sentido, podemos observar las técnicas de reducción de la contaminación y se establece una serie de relaciones que involucran la reducción de recursos a través de cambios en el producto, cambios en la materia prima y/o cambios tecnologías. También existe la posibilidad del reciclado como se mostró en los casos anteriores, y en el último de los casos se exploraría la posibilidad del tratamiento y disposición final de los contaminantes.

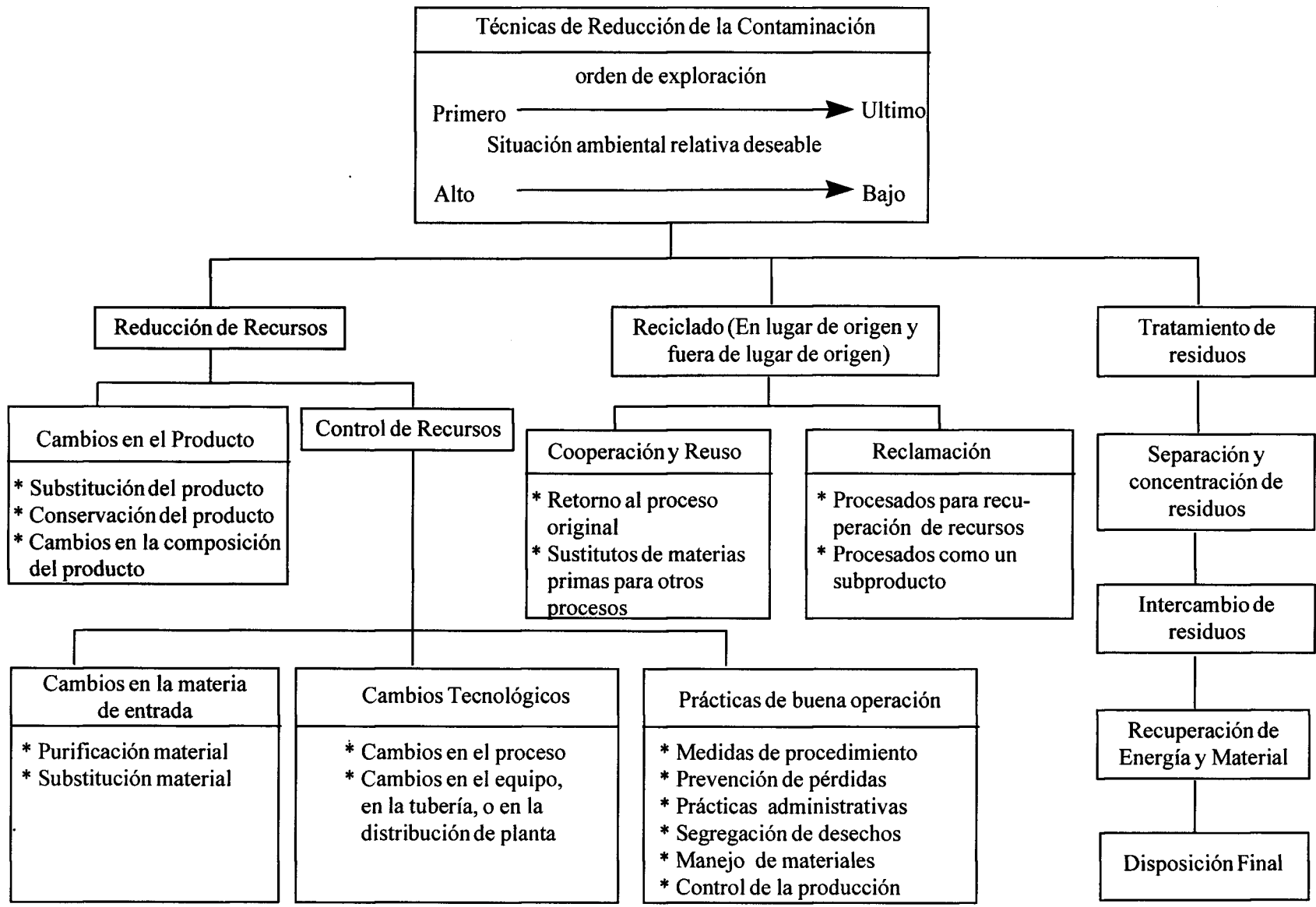
Tabla 4. 1 Evaluación de un sistema de recuperación de solventes en una planta de huecograbado

REDUCCION DE EMISIONES AL AIRE					
SISTEMA DE RECUPERACION DE METILBENCENO EN UNA PLANTA DE FOTOGRAFADO					
Inversión	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5
-800,000.00					
Costos anuales de operación					
Operario	-12,000.00	-12,000.00	-12,000.00	-12,000.00	-12,000.00
Servicios	-71,500.00	-71,500.00	-71,500.00	-71,500.00	-71,500.00
Electricidad	-28,600.00	-28,600.00	-28,600.00	-28,600.00	-28,600.00
Refrigeración	-2,000.00	-2,000.00	-2,000.00	-2,000.00	-2,000.00
Agua	-3,450.00	-3,450.00	-3,450.00	-3,450.00	-3,450.00
Impuestos y seguros	-36,000.00	-36,000.00	-36,000.00	-36,000.00	-36,000.00
Mantenimiento	-12,000.00	-12,000.00	-12,000.00	-12,000.00	-12,000.00
Total	-165,550.00	-165,550.00	-165,550.00	-165,550.00	-165,550.00
Metilbenceno recuperado	790,896.00	790,896.00	790,896.00	790,896.00	790,896.00
Total	625,346.00	625,346.00	625,346.00	625,346.00	625,346.00
TIR	73.15%				
VAN (8% inflación)	1,696,825.00				
VAN (15% inflación)	1,296,256.00				
VAN (35% inflación)	588,243.00				
CON AHORRO DE IMPUESTOS					
Total	625,346.00	625,346.00	625,346.00	625,346.00	625,346.00
Ahorro impuestos	28,000.00	28,000.00	28,000.00	28,000.00	28,000.00
	653,346.00	653,346.00	653,346.00	653,346.00	653,346.00
TIR	76.96%				
VAN (35% inflación)	650,403				

Tabla 4. 2 Análisis de un proyecto de reciclado de solventes en una planta Artes Gráficas

**ANALISIS DE UN PROYECTO DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION
RECICLADO DE SOLVENTES**

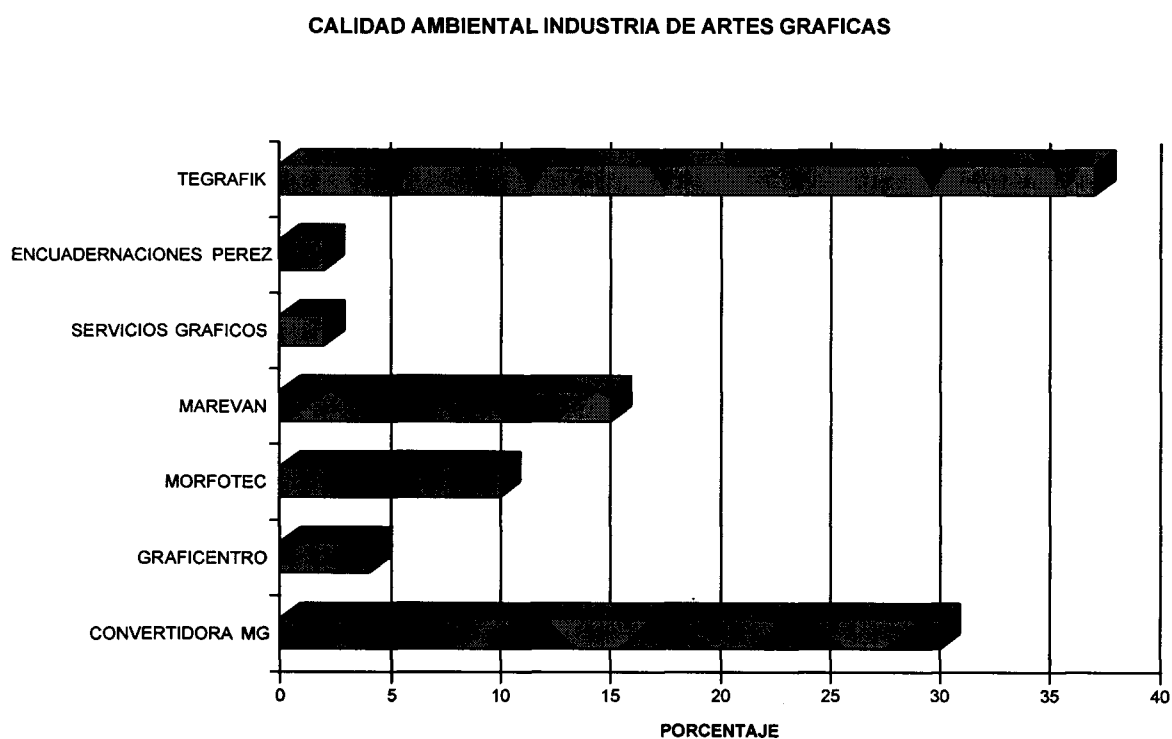
	Año1	Año2	Año3	Año4	Año5	Año6	Año7	Año8	Año9	Año10
CAPITAL										
Compra de Equipo	-40,500									
Ahorro de impuesto (Dep)	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330	1,330
Preparación	-20,000									
Ingeniería	-6,000									
Renta	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000
OPERACION										
Mano de obra	-4,200	-4,200	-4,200	-4,200	-4,200	-4,200	-4,200	-4,200	-4,200	-4,200
Mano de obra ahorrada	2,700	2,842	2,992	3,150	3,316	3,490	3,674	3,868	4,072	4,287
Solventes ahorrados	10,740	10,955	11,174	11,397	11,625	11,858	12,095	12,337	12,584	12,835
Servicios	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240	-240
Mantenimiento/partes	-3,325	-3,325	-3,325	-3,325	-3,325	-3,325	-3,325	-3,325	-3,325	-3,325
Ahorros en costos de disp.		8,270	8,766	9,292	9,850	10,441	11,067	11,731	12,435	13,181
COSTOS OCULTOS										
Entrenamiento	-380	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
Etiquetado	425	425	425	425	425	425	425	425	425	425
Costos cumplimiento	-1,200	440	440	440	440	440	440	440	440	440
MENOS TANGIBLES										
???????										
Responsabilidad										
Imagen										
???????										
Derrames y tiempo limpieza										
???????										
Multas ahorradas										
TOTAL	-66,500	15,417	16,282	17,189	18,141	19,139	20,186	21,286	22,441	23,653
Valor presente	-61,327	11,658	10,706	9,828	9,019	8,274	7,589	6,958	6,379	5,847
Valor Presente Neto 15%	14,931.00									



4.2 Modelo Sugerido para mejorar el desempeño ambiental del sector

Por medio de diferentes programas de intervención, se han diagnosticado diferentes empresas del sector. El diagnóstico se basa en el Premio Nacional de Calidad y contiene una categoría para Calidad Ambiental (otras categorías son Mercado, Producción, Calidad, Logística, Recursos Humanos, Información y Análisis, entre otros). Este diagnóstico tiene una escala de evaluación del 1 al 100%, con diferentes ponderaciones para cada categoría, y cada categoría, también, con una escala del 1 al 100%. Para efectos prácticos, en la categoría de Calidad Ambiental, las empresas obtuvieron los siguientes resultados (Figura 4.1),

Figura 4. 1 Evaluación de la calidad ambiental en la industria de Artes Gráficas



Se observa que existen dos empresas pequeñas que tienen una mayor puntuación que rebasa el 30%. El resto son microempresas y tienen una evaluación promedio de 8%. Esto refleja un desconocimiento de la regulación aplicable en México, y por otro lado, un desconocimiento del impacto potencial que cada empresa pudiera tener.

Las preguntas del diagnóstico que corresponden a esta categoría son:

7. CALIDAD AMBIENTAL

7.1 PERMISOS

- a) ¿Se tiene conocimiento de leyes y reglamentos en materia ecológica?
- b) ¿Cuenta con la licencia de funcionamiento vigente?
- c) ¿Cuenta con los diferentes permisos: de extracción o suministro de agua, de descarga de aguas residuales, para manejo y disposición de desechos sólidos?

7.2 EMISIONES CONTAMINANTES

- a) ¿Con qué equipo anticontaminante cuenta el proceso?
 - b) ¿Se ha realizado alguna caracterización de las emisiones contaminantes?
 - c) ¿Se ha llevado a cabo algún programa dentro de la empresa de reciclaje o reutilización?
- ¿Se cuenta con sistemas o equipos de seguridad?

La evaluación del diagnóstico presenta las siguientes ponderaciones de los diferentes criterios evaluados. La suma de todos los puntos por criterio, da un total de 100. Este modelo, como otros modelos de autoevaluación, se guía en base a un termómetro de calidad, dependiendo de los puntos obtenidos en el diagnóstico, la empresa es considerada como clase mundial, clase xx o clase xxx.

La manera de en que se relacionan los diferentes criterios para la evaluación, se presenta en la siguiente figura:

HERRAMIENTA DE EVALUACION

HASTA	ENFOQUE	IMPLANTACION	RESULTADOS
0 a 10%	Nula o escasa evidencia de existencia de conceptos claros y sistemas	Incompleta y en pocas áreas	Escasos y limitados a pocas áreas o actividades
11 a 50%	Alguna evidencia de un enfoque sistemático y preventivo	Iniciándose en las áreas principales	Algunas tendencias positivas en áreas principales
51 a 75%	Evidencia de sistemas adecuados, razonablemente integrados a la operación rutinaria	Completa en las áreas principales	Resultados y tendencias positivas en la mayoría de las actividades principales
76 a 100%	Evidencia de buenos sistemas preventivos, mejorados y bien integrados a la operación rutinaria	Completa en las áreas principales y en muchas de apoyo	De buenos a excelentes en áreas principales. Tendencia positiva en muchas de apoyo.

METODO/ENFOQUE

Se refiere a cómo la empresa aplica los requisitos dados en los puntos de examinación. Los factores utilizados para evaluar incluyen uno o más de los siguientes:

- adecuación de los métodos, herramientas, y técnicas a los requisitos.
- efectividad del uso de los métodos, herramientas y técnicas.
- grado en el cual el método/enfoque es sistemático, integrado y consistentemente aplicado.
- grado en el que el método/enfoque incorpora efectivamente los ciclos evaluación-mejora
- grado en el que el método/enfoque está basado en información cuantitativa, que sea objetiva y confiable.
- grado en el que el método/enfoque se basa en la prevención.
- las evidencias de enfoques únicos e innovadores, incluyendo nuevas adaptaciones de herramientas y técnicas utilizadas en otras aplicaciones o tipo de negocio.

DESPLIEGUE

Se refiere el punto hasta el cual el método/enfoque está aplicado a todas las áreas relevantes relacionadas con el punto a evaluar. Los factores de calificación utilizados para evaluar el DESPLIEGUE incluyen uno o más de los siguientes conceptos:

- La apropiada y efectiva aplicación de los métodos, herramientas y técnicas en todas las unidades de trabajo, en todos los procesos y actividades.
- La apropiada y efectiva aplicación de los métodos, herramientas y técnicas a todos los productos.
- La apropiada y efectiva aplicación de los métodos, herramientas y técnicas a todos los productos y servicios.
- La apropiada y efectiva aplicación de los métodos, herramientas y técnicas a todas las transacciones e interacciones con consumidores, proveedores, público en general.

RESULTADOS

Incluye los resultados y efectos en el logro de los propósitos implicados en cada uno de los temas de evaluación. Los factores utilizados para evaluar RESULTADOS incluyen uno o más de los siguientes conceptos:

- niveles de desempeño demostrados (con evidencia) y su importancia.

- niveles de desempeño comparados con otras empresas.
- velocidad de la mejora del desempeño
- evidencia de mejora sostenida y/o del sostenimiento de un alto nivel de desempeño, extensión e importancia de las mejoras en el desempeño.

TODOS LOS RESULTADOS DEBEN SER DEMOSTRABLES, MEDIBLES, DOCUMENTADOS Y VERIFICABLES.

En base a los resultados de este diagnóstico y a la problemática planteada en este trabajo, existe la necesidad de establecer una estrategia para mejorar el desempeño ambiental de la Industria de Artes Gráficas.

El objetivo de la estrategia estará encaminada a identificar con precisión la problemática de contaminación atmosférica en México del sector, a través de un análisis de los antecedentes ambientales en E.U. , que conducirá a un prediagnóstico ambiental o diagnóstico inicial en México, que permitirá establecer acciones más concretas para realizar un Diagnóstico Ambiental del sector que contribuya a una mayor conciencia ambiental, mayor control y prevención de la contaminación, y al establecimiento de una regulación y normatividad adecuada y eficiente. Cuando se realice el diagnóstico del Sector, entonces se estará en posición de de establecer una propuesta de regulación y normatividad.

Los insumos principales de esta estrategia incluyen (ver figura):

1. Antecedentes ambientales de E.U.
2. Las Instituciones beneficiadas (agrupación de empresas del sector)
3. Legislación Ambiental Mexicana
4. Información técnica de sustancias químicas, provenientes de los proveedores del sector.
5. La información de los diagnósticos iniciales (prediagnósticos).

Un aspecto importante es la participación de los proveedores de sustancias, ya sea tintas, solventes u otros productos químicos, ya que ellos conocen de primera mano la información técnica concerniente a sus productos, y en caso contrario, tendrán que conocerlo ya que un eventual legislación a la Industria de Artes Gráficas, los afectaría a ellos también.

En la siguiente figura se muestra el esquema general de la Estrategia propuesta, tendría tres fases:

1. Revisión de antecedentes en E.U.
2. Realización del Prediagnóstico en las empresas y su evaluación.
3. Realización del Diagnóstico Ambiental

4. Realización de Propuesta de Regulación y Normatividad aplicable al sector en materia de contaminación del aire.

Para realizar las fases 3 y 4 es necesario contar con el Prediagnóstico de una muestra representativa de empresas para que especifique con más certeza la situación ambiental del sector. En el Diagnóstico del Sector se analizaría el análisis costo-beneficio e impacto económico de la regulación, así como de la disponibilidad de tecnologías y de financiamiento.

La lógica del Prediagnóstico sería la misma del diagnóstico ya realizado en algunas empresas. La forma de evaluación sería la misma, sin embargo, las preguntas o conceptos serían diferentes, adaptados a la problemática en cuestión.

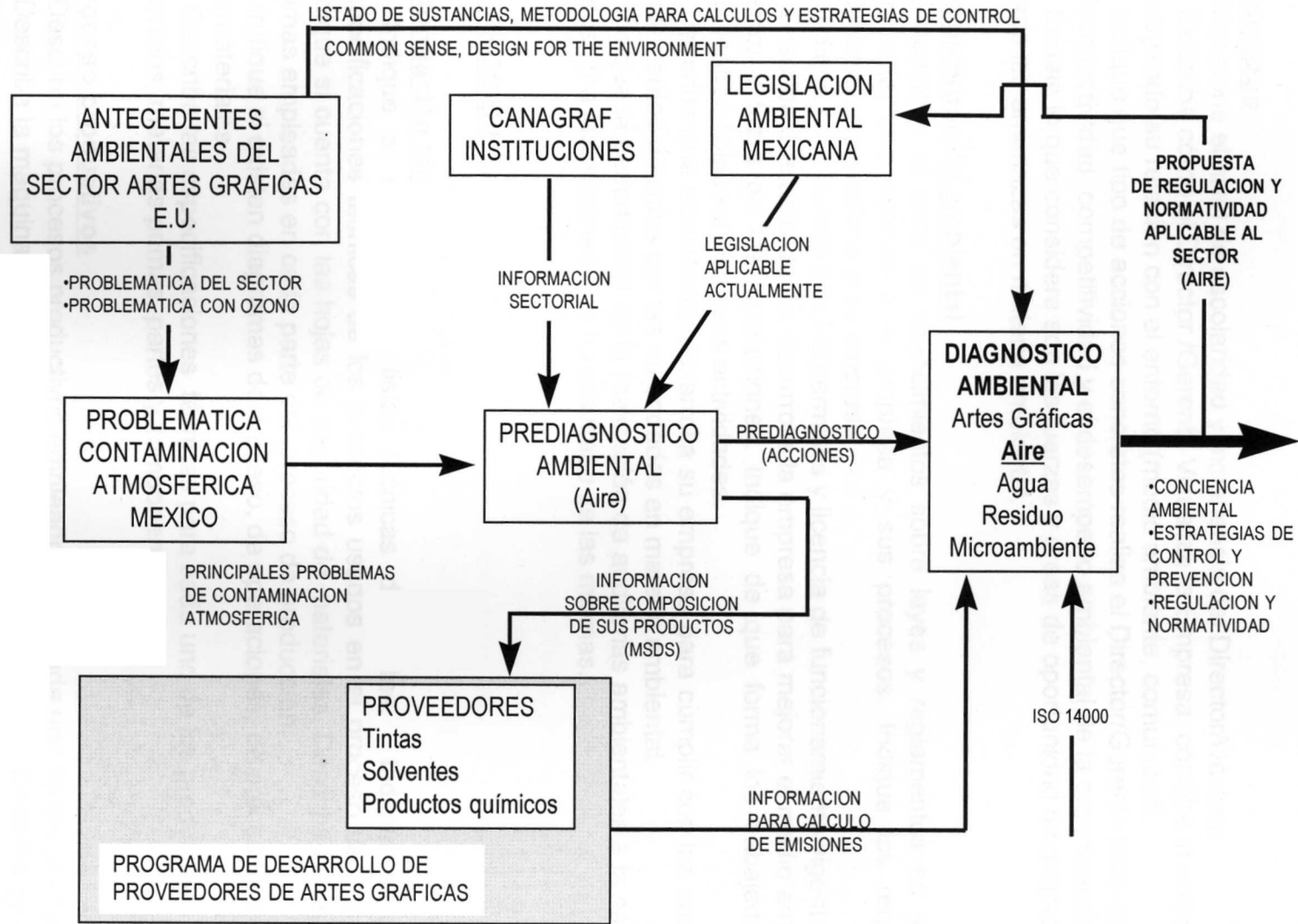
Es importante mencionar que la ponderación para la evaluación de cada categoría es diferente de acuerdo al estrato o tamaño de la empresa en cuestión, es decir, si la empresa es micro, pequeña, mediana o grande. Además, el Prediagnóstico contiene las siguientes categorías: Sistema de Administración Ambiental (en donde el liderazgo juega un papel principal, sobre todo en las empresas de menor tamaño), Procesos (información técnica, procesos, maquinaria, control, materias primas), Impacto Ambiental, y Recursos Humanos.

Sistema de Evaluación del Prediagnóstico Ambiental

	ENFOQUE	DESPLIEGE	RESULTADOS	MICRO	PEQUEÑA	MEDIANA-GRANDE
SISTEMA DE ADMINISTRACION AMBIENTAL	50	50		30	20	20
Liderazgo				20	15	15
Administración Ambiental				10	15	15
PROCESOS	50	50		20	30	35
Información técnica				4	5	5
Procesos productivos				3	5	5
Maquinaria				3	5	5
Mantenimiento				3	5	5
Compras				3	5	5
Control de proceso				4	5	10
IMPACTO AMBIENTAL	25	25	50	30	30	35
Emisiones al aire				15	15	20
Descarga de Aguas Residuales				5	5	5
Manejo de Residuos				10	10	10
RECURSOS HUMANOS	30	30	40	20	20	10
Desarrollo de Personal				10	10	5
Seguridad, higiene y Salud Ocupacional				10	10	5

La razón principal de esta ponderación es debida a las características inherentes a cada estrato de empresa, con condiciones y recursos muy diferentes, y por lo tanto con características diferentes en cada categoría.

Estrategia para mejorar el desempeño ambiental por emisiones de VOC's



Diagnóstico propuesto

A. SISTEMA DE ADMINISTRACION

Liderazgo

1. Mencione el nivel de escolaridad y experiencia del Director/Gerente
2. Describa cómo el Director /Gerente Visualiza la Empresa, concibe la empresa incluyendo su relación con el entorno (medio ambiente, comunidad).
3. Indique que tipo de acciones concretas realiza el Director/Gerente para mejorar la productividad, competitividad y el desempeño ambiental de la organización.
4. Señale lo que considere son las fuerzas y áreas de oportunidad de mejora, así como las amenazas en materia ambiental.

Administración ambiental

1. Mencione el nivel de conocimientos sobre leyes y reglamentos en materia ambiental que aplican a la empresa y sus procesos. Indique los requisitos ambientales aplicables a su empresa.
2. Indique si se cuenta con los permisos y licencia de funcionamiento vigentes.
3. Describa que actividades desarrolla la empresa para mejorar el medio ambiente dentro y fuera de las instalaciones. Indique de que forma los trabajadores y empleados colaboran en esas actividades.
4. Describa que actividades desarrolla su empresa para cumplir con las normas y reglamentos emitidos por las autoridades en materia ambiental.
5. Indique la periodicidad en la realización de auditorias ambientales a la empresa y describa las acciones que ha resultado de las mismas.

B. PROCESOS.

Información técnica

1. Indique si cuentan con listas técnicas de partes. Indique si existen especificaciones técnicas de los productos usados en el proceso de impresión. Indique si cuenta con las hojas de seguridad de materiales. Describa las materias primas empleadas en cada parte del proceso de producción.
2. Indique si existen diagramas de proceso, de operaciones, de proceso y de flujo de materiales.
3. Describa las especificaciones técnicas para cada uno de los productos, servicios, materias primas, partes y componentes.

Proceso productivos

1. Describa los procesos productivos empleados para cada uno de los productos.
2. Describa la maquinaria, equipo, dispositivos y herramientas. Describa su origen.

3. Describa el nivel tecnológico de los proceso empleados con respecto a empresas similares a nivel local/regional/nacional/internacional. Describa cuales son los avances tecnológicos en el mundo y que no son utilizados en la empresa.
4. Describa los planes a corto, mediano y largo plazo con respecto a los proceso tecnológicos de la empresa.
5. Describa el reuso y reciclaje de materiales dentro de la empresa.

Maquinaria

1. Describa todas las máquinas, equipos, dispositivos de ensamble y de medición e indique si existe un listado en donde se incluyan todos los datos fundamentales.
2. Indique la antigüedad de cada una de las máquinas, equipos y dispositivos e indique si existen manuales de instalación y de operación de cada una de ellas.
3. Describa en que parte del proceso existe automatización

Mantenimiento.

1. Describa las actividades de mantenimiento que se realiza a la maquinaria y equipo de la empresa e indique al responsable de llevar a cabo esta actividad.
2. Indique si existen manuales de mantenimiento de las máquinas, equipos y dispositivos.
3. Describa los planes de mantenimiento a realizar dentro de la empresa.

Compras.

1. Describa las políticas de compras que se realizan en la empresa.
2. Describa las especificaciones de las materias primas, partes y componentes. Describa los criterios para la compra de materiales.
3. Describa los lineamientos para el manejo de materiales, partes y componentes fuera y dentro de la empresa.
4. Describa de que manera trabaja con los proveedores con respecto a tiempo de entregas, especificaciones, calidad. Indique si existe algún tipo de acreditación de los proveedores.

Control de procesos.

1. Describa los procedimientos o instrucciones escritas de los procesos de fabricación que actualmente se llevan a cabo. Indique quién tiene acceso a los procesos de fabricación e indique si existe un procedimiento que especifique todos los puntos de inspección en el proceso de manufactura.
2. Describa cuales son los métodos de pruebas e inspección empleados para las materias primas. Indique si los métodos y pruebas se basan en una norma técnica.
3. Describa la forma en que la empresa analiza y da seguimiento a los desechos.
4. Describa si existe algún procedimiento de calibración de la maquinaria y equipo.
5. Describa los programas de capacitación y entrenamiento para el personal con respecto a la calidad.

C. IMPACTO AMBIENTAL

Emisiones al aire

1. Describa cuales son los puntos de emisión de contaminantes al aire de su proceso productivo e indique si estas emisiones son conducidas o fugitivas.
2. Describa la caracterización de cada uno de los contaminantes al aire emitidos por la empresa e indique la cantidad y las tendencias de emisiones de cada uno de ellos. Indique si la empresa cuenta con inventario de emisiones, cédula de operación, así como de bitácora de operación y mantenimiento de equipos de proceso y de control de emisiones de contaminantes a la atmósfera
3. Indique si los contaminantes emitidos por la empresa están sujetas a alguna regulación e indique el grado de cumplimiento con los requisitos legales emitidos por la autoridad correspondiente.
4. Describa los equipos y dispositivos de control de la contaminación atmosférica.
5. Indique el grado de cumplimiento de la empresa con los estándares de emisión.
6. Indique la periodicidad de la empresa para determinar la cantidad de contaminantes emitidos al aire.

Descargas de aguas residuales

1. Describa cuales son los puntos de descarga de aguas residuales en su proceso productivo e indique si estas descargas son cuantificadas y caracterizadas. Proporcione niveles y tendencias de concentración de contaminantes en el agua.
2. Indique si cuenta con registro de descarga de aguas residuales.
3. Indique y describa los equipos y dispositivos de tratamiento de aguas que se utilizan en la empresa.
4. Indique si los contaminantes de las aguas residuales están sujetas a alguna regulación o condiciones particulares de descarga.
5. Indique la periodicidad de la empresa para determinar la cantidad de contaminantes en las aguas residuales.

Manejo de Residuos

1. Indique si alguno de sus materias primas y subproductos están clasificados como residuos peligrosos.

D. RECURSOS HUMANOS

Desarrollo de personal

1. Indique de qué manera se busca incrementar la responsabilidad, autoridad y la capacidad de innovar o de aportar ideas de todo el personal.
2. indique cual es el nivel de escolaridad del personal en general,
3. Describa como la empresa proporciona capacitación/entrenamiento a su personal en materia de medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.

4. Proporcione un listado de las pláticas, seminarios, cursos, que normalmente se imparte dentro o fuera de la empresa.

Seguridad, higiene y salud ocupacional.

1. Describa el equipo de protección personal usado en la empresa.
2. Describa los programas de protección auditiva.
3. Describa los programas de protección respiratoria.
4. Describa los programas de comunicación de riesgos.
5. Proporcione niveles y tendencias de indicadores relacionados con bienestar, salud, seguridad, rotación de personal, ausentismo, niveles de riesgo, accidentes de trabajo

Cada una de las fases de la estrategia, deberá estar sustentada en los conceptos de Administración Ambiental que permitirán, por un lado, desarrollar un Diagnóstico Ambiental adecuado, y por otro favorecer la conciencia ambiental, la estrategia de control y prevención y el cumplimiento de la regulación y normatividad aplicable al sector de manera ordenada y sistemática.

4.3 Administración Ambiental

4.3.1 Administración Ambiental en México.

México, por los modelos de desarrollo económico adoptados en el pasado, es un ejemplo extraordinario del impacto negativo de las empresas del hombre sobre la naturaleza o, mejor aún, sobre los recursos naturales que la componen.

En aras del desarrollo, México ha protagonizado el que quizás constituye el mayor ecocidio no publicitario del planeta Tierra. Cualquier otro país en desarrollo que hubiese atentado contra su propio medio ambiente en tan sólo una fracción de lo que ha logrado consumir México, hubiese sido blanco de protestas, críticas y presiones a nivel mundial.

Quizás el mismo hecho de que México haya empezado desde hace muchos años a deteriorar sistemática y paulatinamente su medio ambiente, mucho antes de que la ecología y los movimientos ecologistas se pusieran de moda o adquiriesen un carácter económico, como en el caso de los acuerdos paralelos del TLC, le permitió alcanzar su actual estado de deterioro ambiental, prácticamente desapercibido por la comunidad internacional.

Tampoco el propio gobierno se había preocupado, hasta que en algunos casos fue demasiado tarde, por actuar en el sentido de regular la contaminación ambiental o fomentar su prevención. La legislación ambiental data de apenas 1988 y su Cumplimiento aún deja mucho que desear, a pesar de los grandes avances alcanzados en tan poco tiempo.

Hoy en día es necesario partir del reconocimiento de que la administración de nuestro medio ambiente es responsabilidad de todos. Toca entonces a una nueva generación de empresarios, comunidades, gobierno e individuos revertir esta tendencia y sentar las bases para un desarrollo sostenible.

Para esto, se requiere un enfoque dual:

- a) Corregir el impacto ambiental negativo mediante la aplicación de tecnologías de control de la contaminación.
- b) Minimizar el impacto ambiental negativo mediante el desarrollo de tecnologías "limpias".

4.3.2 Programa de Administración ambiental.

Administración no es más que la acción de asignar recursos finitos, ya sean humanos, materiales, tecnológicos, financieros o de infraestructura, a ciertas Actividades que en conjunto están encaminadas a lograr un objetivo.

En el caso de administración ambiental, dicho objetivo es el de mantener un equilibrio entre el desempeño económico de la empresa y el medio ambiente que la rodea, haciendo posible dicho desempeño económico.

Todo programa de administración ambiental parte del principio básico de planeación estratégica: la realización de un diagnóstico de la situación actual y la definición de un punto en el futuro hacia donde se desea llegar, punto que es representado por un conjunto de objetivos. La estrategia no es más que el cómo llegar de la posición determinada por el diagnóstico de hoy a los objetivos del mañana.

En el caso de los programas ambientales, es necesario entonces realizar un diagnóstico del impacto ambiental actual, seguido de la definición de objetivos y metas, políticas y estrategias, líneas de acción, asignación de recursos en proyectos de investigación y desarrollo que, si tienen éxito se transforman en proyectos de inversión, la implantación de dichos proyectos, su control y evaluación.

Una de las mayores ventajas de aplicar la metodología de la asimilación tecnológica para llegar a un programa de administración ambiental, es el enfoque de sistemas que permite establecer precisamente que estrategia es la más conveniente.

Como resultado del proceso de planeación estratégica, resulta evidente que en cuestiones ambientales normalmente el impacto ambiental negativo se corrige o se minimiza o se previene por medio de la aplicación de tecnologías especializadas.

El enfoque prevaleciente en México es el de acciones correctivas mediante la adquisición de equipo. Esta preferencia se debe más bien a la premura con la que tienen que actuar las empresas para evitar el cierre, premura que dicho sea de paso corresponde a exigencias más estrictas que las que enfrentan muchas empresas de países desarrollados o la falta de recursos humanos calificados, que a un esfuerzo sostenido de planeación. Con frecuencia el equipo no cumple con las expectativas originales y se pierde la inversión que normalmente no es despreciable.

El enfoque de asimilación de la tecnología favorece más el desarrollo de tecnologías propias que pueden o no incorporar la compra de equipo complementario, pero ya dentro de un marco de planeación a largo plazo.

Las complejas interrelaciones entre una empresa y su medio ambiente, normalmente requieren de soluciones propias. La administración ambiental se apoya entonces fuertemente en la asimilación de la tecnología para determinar las causas de la contaminación y desarrollar la ingeniería básica, o sea el conjunto de bases de diseño que permiten obtener la solución *ad hoc* para el problema específico.

Es un error pretender aplicar recetas de cocina a programas de administración ambiental. Todas las soluciones son netamente ingenieriles y requieren de cierta experimentación para validarlas, ya sea a nivel laboratorio, o principalmente, a nivel piloto.

4.3.3 Evaluación del Impacto Ambiental.

El éxito final de cualquier programa de Administración Ambiental depende del análisis o diagnóstico del impacto ambiental, el cual deberá establecer claramente no los efectos del impacto ambiental, sino sus causas.

Para esto no hay tampoco recetas de cocina, pero sí existen checklists diseñados para recabar eficientemente la información.

Un ejemplo de estos checklists es el siguiente:

HOJA DE DATOS DE PROGRAMAS GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE.

A. Archivo del medio ambiente.

El impacto ambiental es provocado por:

- Asentamiento humano
- Industria
- Agroindustria
- Comercio

La contaminación se concentra en:

- Aguas residuales
- Emisiones atmosféricas
- Desechos sólidos
- Sustancias tóxicas

Las causas de la contaminación son:

- Sociales y culturales
- Tecnológicas

La contaminación se da de manera:

- Esporádica
- Permanente

La concentración de contaminantes en el tiempo:

- Aumenta
- Disminuye
- Se mantiene constante

La fuente emisora de contaminantes se encuentra:

- Aislada
- Cerca de asentamientos humanos
- Cerca de un ecosistema especial

El impacto sobre el ecosistema es principalmente sobre:

- La flora
- La fauna
- El ser humano

Las causas más probables de la contaminación son:

Las causas menos probables de la contaminación son:

El impacto ambiental se considera:

- Irreversible
- Reversible
- Si es reversible, ¿En cuántos años?

¿Se puede cuantificar el daño o la no acción?

Sí. ¿Cómo?

No.

¿Con qué información se cuenta?

- Ninguna.
- Alguna, general.
- Mucha, general.
- Alguna, especializada.
- Mucha, especializada.

Una vez realizado el análisis sobre impacto ambiental, se cuenta con la información necesaria para llevar a cabo la evaluación.

Una buena evaluación requiere de incorporar tanto el aspecto tecnológico, como el económico del impacto ambiental.

4.3.4 Planeación del Programa de Administración Ambiental.

La planeación se apoya en las conclusiones obtenidas de la evaluación del impacto ambiental. Lo principal es formular un conjunto de objetivos medibles, realistas y alcanzarlos, que en conjunto definan a donde se desea llegar.

La pregunta básica que debe responderse en esta fase es el cómo alcanzar los objetivos propuestos a partir del análisis, partiendo de las tecnologías disponibles y la propia capacidad de desarrollar y administrar esas tecnologías.

Por un lado, se analiza el estado del arte en la tecnología disponible para enfrentar el impacto ambiental, así como las tendencias tecnológicas.

La prospectiva tecnológica sirve de base a las tendencias tecnológicas, las cuales, en combinación con los escenarios macroeconómicos y de mercado, permite realizar un posicionamiento tecnológico.

Por otra parte, se analiza la capacidad interna de aplicar la tecnología, ya sea que se trate de la tecnología del estado del arte, o una menos sofisticado.

Se analiza la capacidad de administrar esa tecnología y si se opta por un desarrollo propio o por la adquisición y transferencia de tecnología del exterior de la empresa o comunidad.

Del diagnóstico externo de la tecnología y del diagnóstico interno de la empresa o comunidad, se llega a un posicionamiento que faculta la toma de decisiones en el marco de los posibles escenarios macroeconómicos.

Una vez establecido el cómo (la estrategia), el siguiente punto es la organización del Programa de Administración Ambiental.

4.3.5 Organización del Programa de Administración Ambiental.

La organización del programa requiere de la calendarización de las actividades a seguir. Obviamente, dicha calendarización debe tomar en cuenta la disponibilidad de recursos humanos, financieros y de infraestructura.

La organización humana es siempre la más difícil, y también la más vulnerable al cambio que se pretende introducir mediante la aplicación de un Programa de Administración Ambiental.

Normalmente, las organizaciones en México no se prestan para este tipo de programas por su rigidez característica. Más que una organización de tipo funcional estructurado, se requiere de una organización de tipo matricial, sumamente flexible, que permita la integración y libre interacción de equipos multidisciplinarios e interdisciplinarios de trabajo. Debe Comentarse la creatividad y la participación dinámica.

Asignación de recursos por proyecto.

Independientemente de la asignación presupuestal total del Programa de Administración Ambiental, el Programa se compone de una cartera de proyectos que en conjunto minimiza el riesgo individual de cada uno de los proyectos.

Primeramente, se definen los recursos disponibles y posteriormente se asignan a un conjunto de líneas de acción, que conforman el proyecto específico.

Lo más importante es la asignación de recursos humanos, ya que finalmente los proyectos los realiza la gente.

Este liderazgo deberá darse de manera natural, con base en la experiencia y los conocimientos de cada persona involucrada en el proyecto. Es importante considerar la infraestructura disponible, tal como el equipo de cómputo y el equipo analítico.

En el caso del equipo analítico sofisticado, debe tenerse en cuenta que se puede contar con el apoyo de centros de investigación públicos o privados, vía los mecanismos de vinculación universidad - industria.

Los recursos financieros, que normalmente se consideran críticos, dada la importancia de cada proyecto y su posible impacto estratégico o económico, no representan normalmente una barrera imposible.

Ejecución y apoyos

Una vez asignados los recursos con respecto a líneas de acción específicas, se procede a la implantación o ejecución del proyecto o actividad permanente de monitoreo, control o prevención.

Control

La ejecución va acompañada de acciones de control. El control no significa fiscalización, sino facilitación y corrección de problemas, tanto humanos como en el desempeño de las actividades que conforman los proyectos o las actividades específicas del Programa.

En México, se tiene una extraña preferencia por las acciones de control, pero desde una óptica de fiscalización muy negativa para la ejecución de los proyectos.

Evaluación del Programa.

La clave de la evaluación del Programa es la retroalimentación. Se deben evaluar los resultados obtenidos en los términos de una nueva evaluación del impacto ambiental y replantear, si es necesario, nuevas acciones o proyectos.

En este punto sería de gran utilidad el concepto de Auditoría Ambiental:

La administración ambiental y la auditoría dan a la empresa visualiza la causa de los problemas ambientales : contaminación, residuos, calidad del aire salud y seguridad. Estos problemas aplican a cada aspecto del negocio, manufactura, suministros, investigación y desarrollo, empaque e impacto a la salud pública. La auditoría pone s el costo de largo plazo en ordenar las cosas bien contra las ganancias de largo plazo.

Una auditoría ambiental es una herramienta administrativa que comprende una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva de como la empresa,

su administración y su equipo se conducen con el objetivo de colaborar a salvaguardar el medio ambiente.

La Auditoría Ambiental puede ser :

- a) Cognoscitiva, que tiene la finalidad de establecer un diagnóstico de la empresa.
- b) Preventiva, que determina cómo evitar la producción de desperdicios
- c) Estratégica, que sirve para tomar decisiones administrativa sobre compra de equipo, ampliación o cancelación de una línea de producto, contratación de proveedores de insumos.

La auditoría sirve como:

- herramienta gerencial para verificar que se está cumpliendo con la legislación aplicable.
- para informar al público sobre las emisiones y riesgos asociados con las industrias vecinas.
- herramienta industrial, en el control de proceso, para la prevención de accidentes, para reducir sus desperdicios en los afluentes y bajar los costos de tratamiento.
- obtener los beneficios financieros que produce una planta eficientemente operada.

Básicamente, una auditoría ambiental consiste de tres pasos:

1. Recolección de datos
2. Revisión de documentos
3. Inspección física en planta

La recolección de datos puede aparecer difícil por que es como la historia típica del huevo y la gallina. Por ejemplo, los auditores novatos pueden no conocer a cuáles regulaciones está sujeta la planta, si no se conocen cuales materiales se están procesando; al mismo tiempo, el equipo puede no estar consciente de cuales materiales están regulados al menos de que conozcan también cuáles regulaciones aplican.

Después, la información es comparada con las regulaciones locales, estatales y federales para asegurar que todos los estándares de requisitos se están cumpliendo. Los resultados de la comparación permiten a la administración de la empresa determinar si las plantas están operando con cumplimiento. También separa los problemas de no cumplimiento que necesitan atenderse, y violaciones sobresalientes que tienen que ser inmediatamente corregidas.

Los miembros del equipo deben tener los siguientes conocimientos:

- Conocimiento legal de las regulaciones aplicables
- Conocimiento ingenieril de los procesos
- Conocimiento químico de los materiales involucrados
- Experiencia en seguridad y salud ocupacional

De hecho, una auditoría ambiental da una perfecta oportunidad para revisar los aspectos de salud, seguridad e higiene industrial de la planta.

4.3.6 Planeación de la Gestión Ambiental.

Objetivos y metas (EPA/SEDESOL)

La plantación de la gestión ambiental debe partir de la planeación estratégica, ya sea a nivel macro como el del país o la sociedad en su conjunto, o a nivel micro, como una empresa o una comunidad.

Como se mencionó anteriormente, el marco de referencia para este proceso de planeación debe ser el de desarrollo sostenible. Sin embargo, cabe señalar que este concepto es a su vez el resultado de una filosofía y unos valores que dan por resultado una cultura ambiental. A nivel gobierno es muy obvio que debe haber un compromiso real, no retórico con el desarrollo sostenible, pero a nivel empresa ésto no resulta tan obvio, por lo que es necesario retomar el concepto de desarrollo sostenible e introducir el concepto de la ética empresarial del desarrollo sostenible.

Figura 4. 2 Sistema para el tratamiento de residuos



4.3.7 Administración Ambiental e ISO 14000

Cada uno de nosotros reconoce la necesidad de la protección ambiental. La industrialización ha contribuido de manera significativa a la calidad del aire, agua, suelo. Como resultado, las regulaciones ambientales han sido desarrolladas para controlar y reducir las emisiones de contaminantes al aire, agua y suelo. Esta

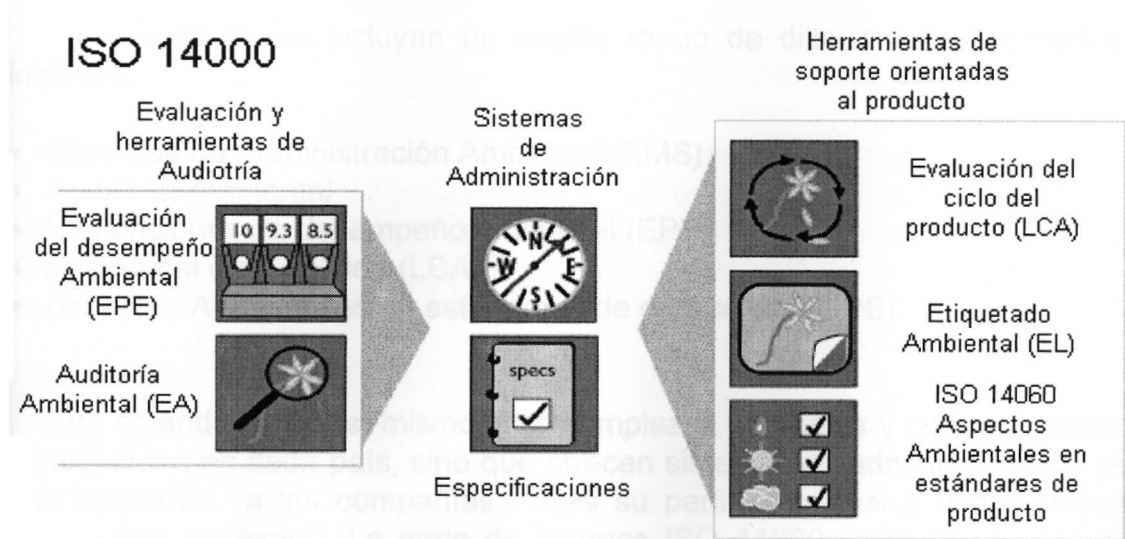
regulaciones externas hacen difícil a la empresa a mantenerse. Un método complementario para lograr la protección ambiental es el uso de estándares internos. Esto permite a la empresa integrar sistemas de administración de calidad dentro de las operaciones de la empresa sin depender solo de leyes externas. Esta es la base de ISO 14000.

La preocupación pública acerca del impacto de la industria en el ambiente está aumentando. Grupos ambientalistas, empleados, aseguradores, y consumidores están exhortando a las empresas a tomar la responsabilidad de sus impactos ambientales. Esta presión de los consumidores y público ha conducido a la propuesta y promulgación de una legislación ambiental mundial. Definitivamente no se espera que este movimiento sea de corto plazo.

La serie de estándares emergentes ISO 14000 es la iniciativa más comprensiva de administración de la calidad ambiental jamás tomada. Se espera que este estándar será la herramienta de calidad ambiental a nivel internacional para conducir las empresas en el mercado global en el Siglo XXI.

El estándar soportará las metas de la empresa de lograr cumplimiento con los requisitos legales, establecer políticas internas de calidad ambiental, y manejar las expectativas del mercado. Estas metas se lograrán por la implantación de sistemas de administración de calidad ambiental, auditorías ambientales, evaluaciones de desempeño, ciclo del producto y etiquetado. Todas estas actividades comprenden un programa que puede ser una ventaja competitiva así como una puerta de salida para el éxito de la empresa en un futuro.

Figura 4. 3 Esquema de ISO 14000



La conveniencia de adoptar un sistema interno de gestión ambiental son entre otras:

- Reducción de la responsabilidad/riesgo.
- Mejora de la imagen de una empresa en el área de desempeño ambiental y cumplimiento con los requisitos legales.
- Prevención de la contaminación y ahorro de energía y recursos.
- Compañías de seguros no desea emitir pólizas para incidentes de contaminación al menos que la empresa que solicite la cobertura tiene un sistema ambiental probado.
- Un mejor valor de reventa de los activos propiedad de la empresa
- Deseo de hacer negocio en el mercado de "productos verdes"
- Métodos de gestión internos mejorados
- Interés en atraer a una fuerza de trabajo de alta calidad.

La norma ISO 14000 es la primera de una serie de estándares genéricos que están siendo desarrolladas por la Organización Internacional de Estandarización (International Organization for Standardization, ISO) que provee a la gestión de las empresa con una estructura para administrar los impactos ambientales.

La ISO es una federación fundada en 1946 para promover el desarrollo y uso de estándares internacionales. ISO está compuesto de cuerpos miembros de más de 110 países. ISO ha asignado la responsabilidad del desarrollo de estos estándares al Comité Técnico (TC) 207, que está compuesto de Sub comités y sus grupos de trabajo. Se espera que para mediados de 1996 termine el proceso de desarrollo.

Los estándares incluyen un amplio rango de disciplinas ambientales, que incluyen:

- Sistemas de Administración Ambiental (EMS)
- Auditoría Ambiental
- Evaluaciones de desempeño ambiental (EPE)
- Avalúo del ciclo de vida (LCA)
- Aspectos Ambientales en estándares de productos (EAPS)

Los estándares por sí mismos no reemplazan las metas y normas ambientales establecidas en cada país, sino que ofrecen sistemas de administración y gestión que ayudarán a las compañías fijar su perfil ambiental y hacer mejoras en donde sea necesario. La serie de Normas ISO 14000 proveen un modelo que

puede ser usado por las empresas de todos los tamaños y tipo, y estos estándares son aplicables a través de todas las funciones, y pueden ser implantados dentro de toda la organización o solamente en áreas específicas de la misma. No son para una industria en específico.

Sistemas de Administración Ambiental (EMS)

Existen tres componentes de un Sistema de Administración Ambiental (EMS):

1. Un programa escrito
2. Educación y entrenamiento
3. Conocimiento de las regulaciones ambientales locales y federales.

El programa escrito requiere que la empresa se comprometa a producir la más alta calidad del producto con el menor impacto ambiental posible. Establece los procedimientos para lograr esta meta.

Un programa no será efectivo al menos que todos los empleados tengan acceso y entiendan el Sistema de Administración Ambiental. Esto es logrado a través de educación y entrenamiento. El EMS debe incorporar las regulaciones federales y locales relevantes que aplican a la planta en específico.

El documento de Guía da asistencia a las organizaciones que inician, implantan o mejoran su sistema de Administración Ambiental. Este documento delinea los elementos del Sistema y da consejo práctico en la implantación o aumentar tal sistema. Los principios del Sistema de administración ambiental incluye, como ya lo habíamos mencionado, una identificación de los requisitos aplicables en materia de regulación, compromiso para el mejoramiento continuo, y la evaluación del desempeño ambiental en una base regular.

El estándar de Certificación del Sistema de Administración Ambiental, suministra los principales elementos para el desarrollo e implantación del Sistema que puede ser certificado o registrado por una tercera parte externa, de manera similar a ISO 9001, 9002 y 9003. Este estándar puede ser usado por la empresa de todos tamaños, tipos y localizaciones y puede ser usado para mejorar su desempeño ambiental por medio de la integración del sistema diseñado de Administración Ambiental con las políticas y procedimientos existentes.

Evaluaciones de Desempeño Ambiental (EPE)

La eficiencia ambiental es medida con la cuantificación del impacto que la empresa está teniendo en el ambiente. Esto es determinado inicialmente por un inventario de aquellos impactos tales como emisiones al aire, descargas en

aguas. Estableciendo un nivel para el inventario, la empresa puede identificar indicadores de mejoramiento.

La evaluación del Desempeño Ambiental es un proceso para medir, analizar, evaluar y describir la eficiencia de una empresa contra el criterio de apropiados propósitos de administración. Este proceso incluye la recopilación de data, clasificar y agrupar los datos, evaluar que tan bien se cumplen las metas y objetivos, y el reporte de los datos a las partes interesadas. La evaluación es una de las muchas herramientas en el Sistema de Administración Ambiental y provee información para la medición del impacto ambiental que pueden ser controlados por la empresa.

Auditoría Ambiental

Una auditoría ambiental es similar a un examen médico. Es una evaluación rutinaria de los controles ambientales de la empresa. Guiada por una tercera parte independiente, la auditoría define las entradas (materia prima, energía) y las salidas (residuos, emisiones) para el sistema. El balance de materia permite identificar ineficiencias dentro del sistema que tienen un impacto ambiental a ser identificado.

La alta Dirección es suministrada con el reporte de auditoría y entonces implanta los cambios necesarios para reducir los impactos ambientales. Se desarrolla un plan que permita una implantación progresiva de estos cambios antes de la siguiente auditoría. Problemas severos requieren mucho más frecuentemente "mini-auditorías" para monitorear la operación de un proceso específico.

Con respecto a los estándares para las auditorías tenemos :

- ISO 14100 Lineamientos para la Auditoría Ambiental-Principios generales en Auditoría Ambiental.
- ISO 14111/1 Lineamientos para Auditoría Ambiental- Procedimientos de Auditoría-Auditoría de Sistemas de Administración Ambiental.
- ISO 14012 Lineamientos para Auditoría Ambiental-Criterio de calificación para Auditores Ambientales.

Evaluación del ciclo de vida

Todos los productos tienen un ciclo de vida. Un producto nace (es manufacturado), vive (se usa) y muere (se dispone). Tomando como ejemplo el ciclo de vida de un automóvil:

1. Durante la manufactura, se usan solventes como el tricloroetileno y el tricloroetano para lavar las partes metálicas. Estos componentes son muy solubles y persistentes al rompimiento en el ambiente. Las pinturas (protegen al auto) contienen altas concentraciones de metales. En este punto del ciclo de vida los esfuerzos se realizan para sustituir por productos menos dañinos y minimizar la corriente de residuos.

2. Durante su vida de operación del producto, el auto generará emisiones tales como monóxido de carbón e hidrocarburos. También consumirá energía no renovable.

3. Finalmente, al final de esta vida terminará en una pila de autos o en un espacio de relleno sanitario.

Las compañías de automóviles están reportando evaluaciones del ciclo de vida de sus productos. Ahora estamos viendo el desarrollo de autos con menos partes y hecho en un gran porcentaje con materiales renovables. las emisiones de operación están siendo reducidas por el uso de combustibles alternativos (natural, gas, propano), convertidores catalíticos y el desarrollo de motores más eficientes.

Mientras la idea del Ciclo de Vida es entendida, las especificaciones son frecuentemente difíciles de cuantificar. La evaluación del ciclo de vida es todavía un concepto para muchos productos contra una ciencia exacta.

La Evaluación del ciclo de vida es una herramienta para evaluar los atributos ambientales asociados al producto, proceso o servicio. Esta evaluación incluye impactos a lo largo de la vida continua del producto:

- Extracción de materia prima
- Manufactura
- Distribución y transporte
- Uso
- reciclaje
- Disposición final

La evaluación se usa tanto en el sector privado como en el público., incluyendo el uso de esta evaluación para el desarrollo de las etiquetas ecológicas.

El resultado final de la evaluación del ciclo del producto en lo que se refiere a la identificación de las etapas de este ciclo donde ocurren los mayores impactos, y alinear a los estándares de Aspectos Ambientales en los Estándares de Producto y Etiquetado Ambiental.

Etiquetado ambiental.

Si los productos amigables con el ambiente, si satisfacen las necesidades de los clientes, tienen una ventaja sobre sus competidores. Bajo ISO 14000 el objetivo es definir los estándares para el etiquetado ambiental.

En Europa adoptaron la eco-etiqueta en 1992. Esta regulación voluntaria alienta a los fabricantes a reducir el impacto ambiental de sus productos, e informar a los consumidores acerca del desempeño ambiental de sus productos. En el momento actual, estas etiquetas tiene como objetivo detergentes, pinturas y productos de papel.

La estructura del esquema de la eco-etiqueta es muy probable que sea adoptada por ISO 14000. Las empresas están planeando identificar sus productos a través del esquema de etiquetas y obtener una ventaja sobre los competidores que no tienen esquema.

Existen muy buenas razones para que una compañía busque un certificación ISO 14000. Resultara en una reducción de costos de operación conforme se vayan logrando mayores eficiencias, reduciendo los aspectos ambientales, resultarán tasas de seguro más favorables y permitirán a una empresa a ser más competitiva.

El estándar de ISO proveerá requisitos para tres tipos de etiquetas:

1. El primero es un "sello de aprobación" para productos que cumplen los requisitos especificados dentro una clase de producto.
2. El segundo tipo será las etiquetas para cosas como contenido de material reciclado, eficiencia de energía, entre otras.
3. El tercer tipo será una "tarjeta de reporte ambiental" que utiliza el ciclo de vida del producto y permite la comparación de los efectos ambientales de la manufactura y uso de productos.

Aspectos Ambientales en Estándares de Producto

Este estándar tiene como objetivo aumentar la conciencia de que las provisiones en el diseño del producto pueden afectar al ambiente en formas negativas y positivas, y recomienda el uso del pensamiento del ciclo del producto y reconoce las metodologías científicas en el desarrollo estándares del producto que incorporan aspectos ambientales. Este estándar incorporará mucho de las metodología "Diseño para el ambiente" de la EPA. La identificación exacta y evaluación de cómo las provisiones en los estándares del producto influyen los

efectos ambientales de los productos, son complejos y necesitan consideración cuidadosa y consulta con los expertos.

La serie de normas ISO 14000 darán en enfoque global en la administración ambiental y desarrollo sostenible. Los estándares también promoverán un método de consenso voluntario para controlar aspectos ambientales, en la que la industria llegará a ser más auto-regulada y menos dependiente de los mandatos y métodos de control de las legislaciones ambientales actuales.

La serie ISO 14000 también minimizará las barreras comerciales con la armonización de reglas nacionales, etiquetas, métodos para la evaluación de los impactos ambientales. Dentro de una empresa, la serie ISO 14000 dan una metodología consistente para mantener el cumplimiento regulatorio así como una estructura para moverse más allá del cumplimiento y manejar proactivamente los impactos ambientales.

La serie ISO 14000 también permitirán a la empresa aumentar su postura pública demostrando compromiso a la excelencia ambiental y dando mayor credibilidad al reporte de desempeño ambiental.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

El problema de la contaminación atmosférica en las grandes ciudades de nuestro país, es de tal magnitud que requiere, cada día que pasa, de acciones más enérgicas y de costos asociados también cada vez mayores. El problema también requiere de acciones en el corto, mediano y largo plazo y del consenso de todos los involucrados ya sea gobierno, empresas y comunidad de tal manera que su aplicación sea efectiva y los costos sean los menores posibles.

En este sentido las empresas de Artes Gráficas necesitan evaluar sus niveles actuales de emisión de compuestos volátiles orgánicos, así como sus planes con respecto a los cambios regulatorios anticipados. Las empresas localizadas en las zonas más contaminadas del país encontrarán cada vez más difícil y caro expandir sus negocios actuales, sobre todo si se anticipan cambios regulatorios. Las empresas de Artes Gráficas necesitan incorporar dentro de sus ciclos de planeación estos requerimientos potenciales futuros.

Existen muchas formas de enfrentar el problema, uno es esperar a que las autoridades correspondientes impongan las regulaciones que consideren pertinentes y lo más seguro es que éstas estén encaminadas a soluciones de "fin de tubo".

En este sentido podríamos establecer tres mecanismos que pueden ser utilizados para motivar a las empresas a internalizar los costos ambientales o limitar el impacto negativo al medio ambiente.

1. Las normas y controles .- Obviamente se tratan de regulaciones gubernamentales que incluyen entre otros, estándares para tecnologías y productos, así como para descargas de aguas residuales, emisiones a la atmósfera y disposición de residuos. Esta estrategia de normas y controles han servido a un propósito útil en el pasado, pero ya no es suficiente, aunque seguirán siendo necesarias como normatividad básica tanto en México como en otros países.

2. La autorregulación .- Esta consiste de iniciativas adoptadas por los sectores empresariales para regularse así mismo (como es el concepto de ISO 14000) a través del establecimiento de estándares, supervisión y metas para la reducción de la contaminación. Esta autorregulación podría resultar menos costosa para la comunidad en general que la que podrían llegar a ser las normas, el control o los instrumentos económicos. Todo esto es consecuencia del hecho de que las

empresas disponen a menudo de la información sobre tecnología y las emisiones que las autoridades necesitan para regular de manera eficaz. Para las empresas ha llegado la hora de tomar la iniciativa, tomando en consideración que el cambio en el sector industrial es menos doloroso, más eficiente y más económico para los consumidores, para los gobiernos y para las mismas empresas.

3. Los instrumentos económicos .- Estos tienen que ver con la intervención del gobierno en el mercado mediante mecanismos como impuestos y cargas a la contaminación, permisos de contaminación comercializables, bonos de rendimientos, créditos para el ahorro de recursos, precios diferenciales, provisiones especiales para amortizaciones y eliminación de subsidios y barreras que distorsionan la actividad económica. En este sentido los Gobiernos crean las condiciones del entorno dentro de las que la empresa puede producir tecnología, la innovación y los procesos necesarios para el desarrollo sostenible.

Decidir, por parte de los empresarios, por la autorregulación y los instrumentos económicos daría ventajas en la disminución de costos por cumplimiento de las empresas. Los instrumentos económicos, si son diseñados adecuadamente, tienen la ventaja adicional de que fomentan a adoptar tecnologías más limpias y a desarrollar en forma permanentes dichas tecnologías, de tal manera que les produzca mayores beneficios.

Las normas y controles seguirán siendo necesarias como normatividad básica en los diferentes países, por lo que es necesario encontrar una estrategia óptima que conjugue las normas con el control regulatorio, la autorregulación, los instrumentos económicos y los siguientes elementos: eficiencia, flexibilidad de respuesta, introducción gradual, juego justo y transparencia en el cumplimiento.

Con respecto a la eficiencia, las decisiones en este sentido deberán basarse en medidas que prueben funcionar de la manera más eficaz y ser más económicas para la sociedad en general. La industria necesita tener la posibilidad de responder a la regulación buscando la manera más eficiente de lograr el objetivo planeado, lo que le da la flexibilidad de respuesta.

También, es necesario que el sector industrial tenga confianza en el medio regulatorio para que éste pueda calcular la naturaleza y efecto probable de las medidas regulatorias en un periodo de tiempo considerable, con el fin de planificar inversiones tecnológicas y no realizarlas de tal manera que pudieran perderse por el rápido cambio que sufren estas regulaciones. Las regulaciones deberían introducirse de forma gradual, de tal forma que la industria cuente con el tiempo para dar una respuesta óptima. Si se actuara bajo el "principio de precaución", se debería introducir rápidamente los diferentes instrumentos, pero concediendo tiempo a la industria para su cumplimiento. Si se actúa hasta que el daño esté ya avanzado, no habrá tiempo entonces para una introducción gradual. En este

sentido, en México tenemos ambos casos: el caso crítico del D.F. y el caso por ejemplo de Guadalajara y Monterrey. Por este motivo la industria deberá aceptar que donde se precisa una solución urgente, también será necesario contar urgentemente con regulaciones y su adecuada imposición.

Las regulaciones deben afectar por igual a todas las empresas comparables entre sí, y los países con un grado de desarrollo económico similar deberán adecuar sus políticas a nivel internacional, a fin de evitar distorsiones en el comercio. Los diferentes niveles de desarrollo existentes entre las naciones deberán conducir a crear diferentes estándares y proponer diferentes soluciones, con el fin de que las cargas sean equitativas. Sin embargo, aquí existe una oportunidad para los países menos desarrollados en cuanto a no repetir los mismos errores que otros países y en este sentido acortar el camino para la preservación del ambiente. Es importante también, que cada industria cumpla con las regulaciones, en el sentido de que no existan empresas que gocen indebidamente de privilegios.

Las compañías que promuevan el desarrollo sostenible gozarán de una aceptación creciente, ya que serán consideradas como más valiosas en el mercado. Las empresas con visión buscarán obtener ventaja sobre aquellos competidores que carecen de dicha visión. Las empresas que no logren cambiar y renovarse quedarán obsoletas. Para eso es necesario expandir la visión estableciendo contacto con los grupos interesados en la empresa:

1. Clientes
2. Empleados y accionistas
3. Proveedores
4. Gobierno y autoridades
5. Sociedad en general

La administración ambiental exige minimizar los riesgos e impactos causados por el producto a través del ciclo de vida, lo que lleva a un sistema económico basado en el "reconsumo", la habilidad de usar y volver a usar los productos, completa o parcialmente a través de varias generaciones.

Por la experiencia en otros países y quizás algunos en México, las empresas se han dado cuenta de que la contaminación que producen es una señal de ineficiencia y que los desechos reflejan materias primas no vendidas en el producto final, por lo que se ha comenzado a adoptar la lógica de la prevención de la contaminación. Por esta razón, y como se señaló en el Capítulo 4, un sistema de administración de este tipo debe estar enfocado antes que nada en la prevención, partiendo de un diagnóstico.

Esta visión, permite a las empresas a obtener control sobre los procesos de cambio desde el punto de vista ambiental, como de operaciones, en lugar de que sus procesos estén controlados por regulaciones y exigencias cada vez más estrictas. Dentro de las consideraciones de tipo ambiental debe integrarse a los procesos de producción y determinar la elección de materias primas, procedimientos de operación y recursos humanos. Lamentablemente muchas pequeñas empresas, especialmente en los países en desarrollo, cuentan con menos posibilidades de cargar con los costos de la ineficiencia ambiental y están también menos capacitadas para movilizar los recursos necesarios para mejorar su producción de materias primas.

Existen cuatro estrategias prácticas básicas para la prevención de la contaminación:

1. Buena administración interna.- Aquí lo que se pretende es hacer funcionar la maquinaria, las instalaciones y los sistemas de producción con el fin de lograr una mayor eficiencia. Esta es la tarea principal de la administración de las empresas.
2. Sustitución de materiales .- Reemplaza un material dañino por uno más benigno y ofrece la perspectiva de erradicar completamente un determinado problema de contaminación.
3. Modificaciones en los procesos de manufactura .- Es posible reducir considerablemente las emisiones, simplificando las técnicas de producción y disminuyen el número de fases que intervienen en un proceso.
4. Recuperación de recursos .- Es posible reducir las emisiones manteniendo los agentes contaminantes dentro del proceso de producción y luego reutilizarlos en el mismo proceso o en otros.

A pesar de los beneficios evidentes de la prevención de la contaminación, una gran cantidad de fondos gubernamentales y esfuerzos reguladores están concebidos para controlar los residuos después de que éstos se han producido. Entre los obstáculos principales que se presentan en contra de la prevención de la contaminación están:

1. La problemática económica .- El enfoque es hacia la reducción de los costos de producción por la introducción de una tecnología más limpia. La lógica de la prevención de la contaminación - aislar la causa del problema - tiene que romper con los paradigmas de los negocios actuales, por lo que se considera una opción más arriesgada.

2. La falta de información .- Es probable que no exista información práctica acerca de las opciones existentes en la prevención de la contaminación, y mucha de esa información pone énfasis en soluciones “al final del tubo”.

3. La actitud empresarial .- En muchas empresas creen que la protección ambiental inevitablemente cuesta dinero, que es una tarea periférica y una desviación de la razón de ser de la empresa. Esta actitud se refuerza en la práctica por soluciones al “final del tubo”, que además de ser improductivo, causa costos adicionales a las empresas. En las empresas pequeñas y medianas estos obstáculos podrían llegar a ser más difíciles de superar.

Con respecto a las tecnologías limpias, cambios en tecnologías de proceso, y cambio en la tecnologías de materiales, la transferencia de tecnología vincula una amplia gama de objetivos y está enfocada en el desarrollo empresarial y subraya el fortalecimiento de la estructura, la capacidad de crear riqueza y la competitividad de un país.

El software de una tecnología determinada es más importante que el hardware. En este contexto el término software no solo se refiere al know-how y a las habilidades operativas y de manutención asociadas a las tecnologías, sino también la apropiada adaptación al contexto cultural y a la experiencia de la organización receptora, así como a la sociedad que empleará dicha tecnología. Dicho de otro modo, no se puede extrapolar las soluciones tecnológicas de un lugar a otro sin pasar por un proceso de transferencia de tecnología, por lo que la experiencia de países como Estados Unidos en la Industria de Artes Gráficas, debe tomarse como eso: una experiencia.

Cuando la visión se entiende como un marco común para la acción, no solo como un proyecto que hay que terminar para poder dedicarnos a otra cosa o cuadro idealizado, entonces las condiciones y las pautas están maduras para estimular la acción y la revisión, y el enfoque continuo de dicha visión se convierte en el papel más importante de la alta gerencia en las empresas. El compromiso de la organización es necesario para integrar los aspectos ambientales en todas las actividades desde la investigación y el desarrollo hasta la producción y la distribución.

En el contexto del desarrollo sostenible, las preocupaciones ambientales no significan solamente costos en las operaciones comerciales, sino que se convierten en una fuente poderosa de ventajas competitivas. Las empresas que han incorporados este concepto pueden darse cuenta de las ventajas: procesos más eficientes, mejoras en la productividad , costos de cumplimiento más bajos y nuevas oportunidades estratégicas en el mercado.

ANEXO A

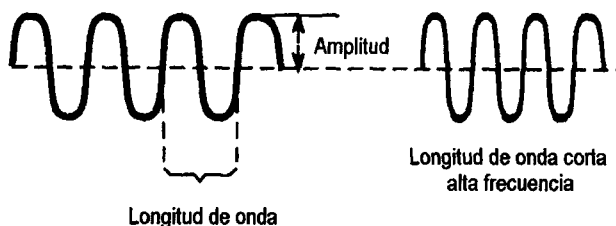
Radiación Electromagnética

La teoría cuántica explica el comportamiento único de una partícula cargada que es tan pequeña y se mueve tan rápido como los electrones.

Debido a su cercana relación a la radiación electromagnética, una apreciación de la teoría cuántica requiere un entendimiento de los siguientes puntos relacionados con la radiación electromagnética:

- La energía puede ser transportada a través del espacio a la velocidad de la luz, 3×10^8 mt/seg en un vacío, por medio de la radiación electromagnética, que incluye la luz visible, radiación ultravioleta, radiación infrarroja, microondas y ondas de radio.
- La radiación electromagnética tiene un carácter de onda. Las ondas se mueven a la velocidad de la luz (denominada como c), y tiene características de longitud de onda (λ), amplitud, y frecuencia (ν):

Figura A. 1 Longitud y amplitud de onda



- La longitud de onda es la distancia requerida por un ciclo completo y la frecuencia es el número de ciclos por unidad de tiempo. Estos están relacionados por:

$$c = \lambda \nu$$

donde c es la velocidad de la luz, ν está en unidades de ciclos por unidad de tiempo (s^{-1} , unidad llamada hertz) y λ está en metros.

- En adición a su comportamiento como una onda, la radiación electromagnética también tiene características de partícula.
- La naturaleza dual onda/partícula de la radiación electromagnética es la base de la teoría cuántica de esta radiación, la cual declara que la energía radiante puede ser absorbida o emitida solamente en paquetes discretos llamados **fotones**. La energía de cada fotón, E , está dada por:

$$E = h\nu$$

donde h es la constante de Planck igual a 6.63×10^{-34} J-seg

- De lo anterior, se deduce que la energía de un fotón es mayor cuando la frecuencia de la onda asociada es mayor (y la longitud de onda más corta).

$$\nu = c / \lambda$$

ANEXO B

Compendio de contaminantes, fuentes, efectos y medición.

1. Formaldehído, benceno y otros compuestos orgánicos.- Los gases orgánicos son emitidos por una gran variedad de procesos y son de especial atención ya que son precursores del smog fotoquímico. Su papel en la formación de ozono puede ser vista como como proveedores de la energía y el camino químico necesario para oxidar el NO a NO₂. Los hidrocarburos, que comprenden la mayoría de los orgánicos emitidos, pueden ser medidos por cromatografía de gases e ionización de flama. Fotoliza rápidamente conduciendo a la formación de ozono.

2. Oxidos de Nitrógeno.- El nitrógeno oxidado es un ingrediente primario en el smog fotoquímico y en balance del ozono estratosférico. El nitrógeno antropogénico es principalmente emitido como óxido nítrico, NO, el cual es oxidado en la atmósfera a NO₂, ácido nítrico (HNO₃), aerosol nitrato, trióxido de nitrógeno (NO₃), peróxido de dinitrógeno (N₂O₅). El NO y NO₂ (referido ambos como NO_x) son los más abundantes en las atmósferas urbanas, seguidos por el ácido nítrico y el aerosol nitrato. Los NO_x son medidos por quimiluminiscencia con O₃. El NO es de preocupación porque es un contaminante primario precursor del NO₂, ácido nítrico y O₃.

3. Ozono y otros fotoquímicos oxidantes.- El Ozono, O₃, es altamente reactivo, es un oxidante muy fuerte formado en la atmósfera por la combinación de oxígeno atómico y una molécula de oxígeno. En la tropósfera, es un constituyente primario del smog fotoquímico, y la severidad de los episodios de contaminación fotoquímica del aire es frecuentemente medida por el máximo nivel de ozono alcanzado. El ozono es un contaminante secundario formado por la reacción de gases orgánicos y óxidos de nitrógeno. En la estratósfera el ozono es deseable. Otros contaminantes fotoquímicos incluyen nitrato peroxiacetil (PAN, fitotóxico e irritante) y el peróxido de hidrógeno (H₂O₂, agente oxidante). Estos compuestos son formados junto con el ozono por las reacciones de los óxidos de nitrógeno y los gases orgánicos.

4. Acidos y Dióxido de Azufre.- Los ácidos nítrico y sulfúrico son dos de los más abundantes compuestos que contribuyen a la deposición ácida. También han recibido atención reciente a los ácidos orgánicos. Además del ácido sulfúrico que ocurre naturalmente, el exceso es formado por la oxidación de dióxido de azufre, SO₂, antropogénico. Las fuentes naturales de SO₂ incluyen volcanes y emisiones volcánicas de sulfito carbonil, disulfito de carbón, sulfito hidrógeno, y dimetilsulfito.

El ácido nítrico es producto de la oxidación de los NOx. Los ácidos atmosféricos han sido responsabilizados de la acidificación de lagos y corrientes en el noroeste de E.U., Canadá y Escandinavia. Estas áreas son más susceptibles a la acidificación que otros por que a ellos llegan los vientos provenientes de las fuentes mayores de SO₂. La deposición ácida también ha sido citada como una razón de la disminución de bosques y daño a materiales. También es un irritante de los pulmones.

5. Monóxido de Carbón.- El monóxido de carbono, CO, es emitido por la mayoría de las fuentes de combustión de energéticos fósiles. En las áreas urbanas, los automotores son los más grandes contribuyentes. Las exposiciones más serias para los humanos al CO es por el humo del cigarro. En atmósferas cerradas (como por ejemplo una fábrica, oficina, entre otros) el CO puede resultar de la prueba y reparación de automóviles, y de la incompleta combustión de energéticos fósiles en calentadores, boilers, o aplicaciones de cocina. Externamente, el CO aumenta durante episodios de estancamiento en las grandes ciudades, y es particularmente severo durante los meses de invierno en las horas de mayor circulación en la ciudad. El CO es absorbido en el torrente sanguíneo, disminuyendo la capacidad de absorber oxígeno, ya que la hemoglobina tiene 210 veces más afinidad por el CO que por el O₂, lo que ocasiona fatiga, dolor de cabeza y en altos niveles de concentración (mayores a 600 ppm) convulsiones y hasta la muerte. El CO es medido por técnica electroquímicas y detección infrarroja.

6. Clorofluorocarbonos.- Clorofluorocarbonos o CFC's, son compuestos de origen antropogénico que consisten de átomos de cloro y flúor ligados a cadenas de hidrocarburos. De estos el Freón 11 y 12 (CCl₃F y CCl₂F₂) son los mejor conocidos y más usados. Estos compuestos son muy estables en la tropósfera y pueden migrar a la estratósfera, en donde se fotodisocian, liberando átomos de Cl que conducen a la destrucción de ozono. También absorben luz en el rango infrarrojo y pueden conducir al calentamiento global.

7. Dióxido de carbono.- Hace algunos años el CO₂ no se consideraba un contaminante serio. Sin embargo, el incremento en el consumo de energéticos fósiles para la producción de energía, está llevando a altas concentraciones de CO₂ lo que ocasiona que la tierra no pierda calor, llevándola al "efecto invernadero". La amenaza de incremento en las temperaturas, en combinación con la desertificación de las regiones agrícolas mayores y la inundación de ciudades costeras, es de gran preocupación. Dejando a un lado la cuestión del calentamiento global, el aumento de CO₂ no tiene mayor impacto en la salud y puede aumentar las cosechas.

8. Aerosoles.- El aerosol atmosférico, también llamada materia particulada, está compuesta de muchas sustancias incluyendo sulfatos, nitratos, orgánicos, carbón

elemental, metales, sal de mar y polvo. La abundancia de cada componente cambia significativamente con la localización geográfica y el tiempo. Algunos aerosoles son formados en la atmósfera por la condensación de las especies en fase gaseosa (sulfato, nitrato y algunos orgánicos), mientras otros son emitidos directamente (polvo, spray marino). Los efectos a la salud de los aerosoles no están bien establecidos y están íntimamente ligados a su composición. Las partículas pequeñas (entre 0.1 y 3 μm) son fácilmente respirables dentro de los pulmones, intensificando su impacto a la salud. Algunos de los constituyentes de los aerosoles son mutagénicos y carcinogénicos en animales. La composición de los aerosoles es generalmente medido por filtración seguidos de cromatografía o espectroscopia.

9. Contaminantes radioactivos.- Los contaminantes del aire radioactivos pueden ser de origen antropogénico o natural. Las fuentes antropogénicas incluyen la liberación accidental de las plantas de energía nuclear y la detonación de armas nucleares.

Los impactos adversos de los compuestos descritos anteriormente pueden ser identificados en escalas espaciales desde unos pocos metros (aire interior, indoors) a aquellos que abarcan todo el planeta (1,000's de km.). Entre ellos están sistemas de escala local, urbano y regional. A cada escala, problemas particulares son de interés:

1. Contaminación del aire interior o atmósfera cerrada (indoor) .- Casas, oficinas, estacionamientos. Pueden ser de origen antropogénico o natural.

2. Contaminación del aire en escala local.- Localizados entre el tamaño de una casa típica (10m) y una ciudad (10 km.) e impactan calles, secciones de la ciudad y pequeños pueblos.

3. Contaminación del aire en una escala urbana y regional.- La escala urbana (10-100kms) y regional (100-1,000's km.) son tratadas juntas porque están íntimamente ligadas. Los dos sistemas pueden ser caracterizados en cuanto tiempos de residencia característicos del orden de un día a una semana. En este tiempo, el transporte atmosférico, difusión, transformación química y deposición son integrales en determinar el destino e impacto de las emisiones de contaminantes. En muchos casos los contaminantes que tienen los impactos más significativos son formados en la atmósfera provenientes de fuentes de entre 10's y 100's km. de distancia.

ANEXO C

Compuestos Orgánicos Volátiles.

Características fisico-químicas:

Solubilidad.- La solubilidad es el grado en el cual una sustancia, el soluto, se disolverá en otra, solvente. La solubilidad de las sustancias químicas en el agua es una función de la temperatura y de la especie química en particular. La solubilidad en agua es usualmente expresada en unidades de miligramos por litro (mg/lit), o en partes por millón (ppm).

Presión de vapor.- Cuando un líquido está en contacto con aire, las moléculas dejarán el líquido como vapor, vía la evaporación. Existen condiciones de equilibrio cuando la velocidad de las moléculas que dejan el líquido iguala la velocidad de las moléculas que se están re-disolviendo.

La presión de vapor de un líquido es la presión ejercida por el vapor en el líquido en el equilibrio. La presión de vapor es una función de la temperatura del líquido y es generalmente medida en atmósferas (atm). Como las presiones de vapor varían enormemente con la temperatura, se debe tener mucho cuidado en la utilización de valores publicados.

Para una mezcla líquida binaria, el equilibrio sigue la ley de Raoult's:

$$p_a = p_{vp} X_a$$

p_a = presión parcial del contaminante a (atm)

p_{vp} = presión de vapor del compuesto puro (atm)

X_a = fracción molar del contaminante a = mol a / (mol a + mol agua)

La presión parcial de este vapor es la presión que ejercería si todos los otros gases no estuvieran presentes.

La ley de Raoult aplica solo para soluciones ideales. En soluciones diluidas encontradas en las aplicaciones ambientales, la ley de Henry tiende a controlar.

Constante de Henry.- La ley de Henry es usada par describir la solubilidad de un gas en un líquido. Cuando una sustancia química volátil es disuelta en agua, una pequeña cantidad del químico en forma gaseosa existe en el aire inmediatamente arriba de la superficie del agua. En el equilibrio, conforme las moléculas de este

gas pasan al agua, un número equivalente de moléculas dejan la fase líquida y llega a ser parte del vapor.

La ley de Henry dice: Bajo condiciones de equilibrio, la presión parcial de un gas (químico volátil) arriba del líquido es proporcional a la concentración del químico en el líquido,

$$P_g = H C_L$$

P_g = presión parcial del gas (atm)

H = constante de Henry (atm·m³/mol)

C_L = concentración del químico en el líquido (mol/m³)

La constante de Henry puede ser expresada en diferentes unidades. Cuando la ley de Henry es utilizada para transferir aire al agua, la constante tiene típicamente unidades de mg/lt-atm (inversa a la presentada anteriormente). Es extremadamente importante revisar las dimensiones cuidadosamente antes de usar valores tabulados.

La ley de Henry es significativamente afectada por la temperatura y la composición química del agua.

En la ausencia de valores tabulados, la constante de Henry puede ser estimada como la presión de vapor dividida por la solubilidad, bajo el supuesto de que ambos son medidos a la misma temperatura,

$$H = p_{vp}/S$$

Los valores tabulados de H están normalmente basados en agua pura y los valores para agua contaminada pueden variar impredeciblemente.

Coefficiente de partición.- Los coeficientes de partición son constantes empíricas que describen cómo un químico se distribuye entre dos medios.

Coefficiente de partición agua-octanol.- Es una constante adimensional definida por,

$$K_{ow} = C_o / C$$

C_o = concentración en octano (mg/lt)

C = concentración en agua (mg/lt)

Este coeficiente provee una medida de cómo un compuesto orgánico se partirá entre una fase orgánica y agua. Por ejemplo, provee un indicador de cómo mucho del químico será aceptado por los organismos acuáticos. Los valores de K_{ow} varían arriba de 10 órdenes de magnitud, de 10^{-3} a 10^7 . Este coeficiente es útil en la estimación del destino y transporte de químicos y está relacionado a los

coeficientes de adsorción del suelo, el factor de bioconcentración, así como a la solubilidad en agua. Los químicos con valores bajos, $K_{ow} < 10$ tienden a ser hidrofílicos y tienen baja adsorción en suelos y bajo factor de bioconcentración.

Coeficiente de partición de carbón.- Debido a que la adsorción de casi todos los químicos orgánicos por el suelo se debe al contenido de carbón orgánico en el suelo, el coeficiente de partición de carbón se define como,

$$K_{oc} = C_c / C$$

C_c = concentración adsorbida (μg adsorbido/kg C o ppb)

C = concentración en agua.

Factor de bioconcentración (BCF).- indica la cantidad de un químico que sea probable que se acumule en organismo acuáticos. Puede expresarse matemáticamente como,

$$BCF = C_{org} / C$$

C_{org} = concentración de equilibrio en un organismo (mg/kg o ppm)

C = concentración en agua (mg/l)

El factor de bioconcentración es un componente esencial en el análisis de riesgo. BCF está relacionado con el K_{ow} y K_{oc} , siendo con K_{ow} la medida común más utilizada para estimar BCF. BCF representa la tendencia de un químico a ser absorbido por organismos acuáticos, e indica el incremento en la concentración en tejidos de un organismo.

ANEXO D

Fórmulas y lista de variables.

FORMULAS

GENERALES

PARTE A.- CONTENIDO DE VOC EN TINTAS

$$CI=MI(WI/100) \text{ ó}$$

$$CI=LI*GI$$

EMISIONES DE VOC EN TINTAS

$$TI=EI1+EI2...EIN$$

PARTE B.- CONTENIDO DE VOC EN LA SOLUCION FUENTE

$$CF=MC(WC/100)+MA(WA/100)+MS(WS/100)$$

TOTAL DE EMISIONES DE VOC POR SOLUCION FUENTE

$$TF=CF1+CF2.....CFN$$

CONTENIDO DE VOC EN LA SOLUCION LIMPIADORA

$$CL=ML(WL/100)$$

$$CL=LL(GL)$$

EMISIONES DE VOC EN LA SOLUCION LIMPIADORA

$$EL=CL(1-(R/100))$$

EMISIONES DE VOC TOTALES EN LA SOLUCION LIMPIADORA

$$TL=EL1+EL2...ELN$$

CONTENIDO DE VOC EN EL RECUBRIMIENTO

$$CC=MC(WC/100)$$

$$CC=LC(GC)$$

EMISIONES DE VOC TOTALES POR EL RECUBRIMIENTO

$$TC=EC1+EC2...ECN$$

TOTAL DE EMISIONES DE VOC'S

$$TE=TI+TF+TL+TC$$

LISTA DE VARIABLES

CI	Contenido VOC en la tinta.
MI	Peso de tinta usado: (cantidad comprada- cantidad descargada o reciclada).
WI	Porcentaje de VOC (por peso) en cada tinta suministrada (MSDS)
LI	Libras de VOC por galón de cada suministro (MSDS)
GI	Volumen (galones) usado: (volumen comprado- volumen descargado o reciclado)
EI	Emisiones VOC de tinta.
R	Porcentaje de VOC (por peso) retenido por papel
TI	Emisiones totales de VOC de todas las tintas
CF	Contenido de VOC en la solución fuente
MC	Peso de solución fuente concentrado
WC	% de VOC (por peso) en solución fuente suministrada (MSDS).
MA	Peso de isopropanol
WA	% de isopropanol (por peso) suministrado (MSDS)
MS	Peso de sustituto de alcohol o agente anticoagulante
WS	% de VOC (por peso) en el agente sustituto de alcohol
TF	Emisiones totales de VOC de todas las soluciones fuente
CL	Contenido de VOC en la solución limpiadora
ML	Peso de la solución limpiadora
WL	% de VOC en limpiadores
LL	Libras de VOC por galón
GL	Volumen (galones) utilizado
EL	Emisiones de VOC en la solución limpiadora
TL	Emisiones totales de VOC de todos los limpiadores
CC	Contenido de VOC en la cubierta o barniz
LC	libras de VOC por galón
GC	Volumen utilizado
EC	Emisiones de VOC de la cubierta o barniz
EIS	Emisiones stack de VOC de la tinta
EIF	Emisiones de VOC fugitivas de la tinta
K	Eficiencia de control o dispositivo de control
M	Peso del material
V	Volumen (galones) de material utilizado
D	Densidad en lbs/gal (o gravedad específica*8.33 lbs/gal)
EF	Emisiones de VOC de la solución fuente
J	Eficiencia de captura del secador y dispositivo de control
ECS	Emisiones fijas de VOC en el recubrimiento
ECF	Emisiones fugitivas de VOC en el recubrimiento

PI	Emisiones de partículas (gránulos/ft3 standard)
QI	Emisiones de partículas después del dispositivo de control (gránulos/ft3 standard)
DI	Número total de horas de operación reales al año
AI	Flujo de salida de secadora(exhaust) en ft3 standard/min
TC	Emisiones totales de VOC en el recubrimiento
TE	Emisiones totales de VOC en tintas, solución limpiadora y recubrimiento
TI	Emisiones totales de VOC en tintas
TF	Emisiones totales de VOC en solución fuente
TL	Emisiones totales de VOC en emisiones de todas las limpiadoras (cleaners)

BIBLIOGRAFIA.

- [1] Medina Gómez, Francisco
Administración Ambiental (Diplomado en Tecnología y Administración Ambiental)
ITESM Campus Monterrey, Monterrey N.L., 1993
- [2] Russell, G. Armistead
Air pollution: Components, Causes, and Cures
Encyclopedia of Applied Physics
VCH Publisher, E.U. 1991
- [3] Jones, Gary A.; Zerweck, Walter E.
Air Pollution Engineering Guide for the Graphic Arts Industry
Graphics Arts Technical Foundation, Pittsburgh, PA, EU, 1995
- [4] Seinfeld H, John
Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution
John Wiley and Sons, New York, Estados Unidos, 1986
- [5] Salinas, Alberto; Ramos F. , Sonia.
Auditorias Ambientales (Diplomado en Tecnología y Administración Ambiental)
ITESM Campus Monterrey, Monterrey N.L., 1993
- [6] INEGI
CENSOS ECONOMICOS 1994
INEGI, México, 1994
- [7] INEGI
XIV Censo Industrial: Productos y materias primas, Subsector 34 Papel, Imprentas y Editoriales.
INEGI, México, 1995
- [8] Lents M, James; Kelly J., William
Clearing the Air in Los Angeles
Scientific American, Octubre 1993, EU.

- [9] Warner, Wark
Contaminación del Aire, Origen y Control
Editorial Limusa, México D.F., 1992, Primera Edición
- [10] Reyes Villarreal, Guillermo; Martínez Vera, Rogelio
Curso Taller de Auditorías Ambientales (Curso PCP)
ITESM Campus Monterrey, Monterrey N.L., 1994
- [11] Manahan, Stanley
Environmental Chemistry
Lewis Publishers, E.U, 1994
- [12] Barraza Cervantes, Dr. Francisco
El control de los Compuestos Orgánicos Volátiles
Revista especializada en Tecnología Ambiental, Año 1, Dic 94/Mar 95
México, 1995
- [13] INEGI
Estadísticas del Medio Ambiente
INEGI, México, 1994
- [14] U.S. Environmental Protection Agency EPA
Federal Regulations Potentially Affecting the Commercial Printing Industry
Government Printing Office, Washintong D.C. E.U., 1993
- [15] Manahan, Stanley
Fundamentals of Environmental Chemistry
Lewis Publishers, E.U, 1993
- [16] Tchobanoglous, George; Theisen, Hilary; Vigil, A. Samuel
Gestión Integral de Residuos Sólidos
Mc Graw Hill, Madrid, España, 1994, Primera Edición
- [17] LaGrega, Michael; Buckingham Phillip; Evans C. Jeffrey
Hazardous Waste Management,
Mc Graw Hill, Estados Unidos, 1994

- [18] Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México.
La contaminación Atmosférica en el Valle de México
Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México, México, Noviembre de 1994
- [19] **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente**
Diario Oficial de Federación, Enero 28, 1988
- [20] Petróleos Mexicanos
Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente Reglamentos
Petróleos Mexicanos, 1990
- [21] Arthur D Little
Mastering Environmental, Health and Safety Auditing Skills and Techniques
Arthur D Little, Cambridge, MA, E.U., 1993
- [22] Comisión Estatal de Ecología
Plan Estatal de Protección al Ambiente
Gobierno del Estado de Jalisco, Guadalajara, Jalisco 1993
- [23] Felder, M. Richard; Rousseau, W. Ronald
Principios elementales de los procesos químicos
Addison-Wesley Iberoamericana, E.U, 1991
- [24] Seinfeld, H. John
Urban Air Pollution: State of the Science
Science, February 1989, E.U.
- [25] Blake, R. Donald; Rowland, Sherwood
Urban Leakage of Liquefied Petroleum Gas and Its Impact on México City Air Quality.
Science, Vol. 269, 18 Agosto 1995, EU.
- [26] U.S. Department of Commerce, International Trade Administration,
U.S. Industrial Outlook 1994
Government Printing Office, Washintong D.C. E.U., 1993
- [27] Medina, Francisco; Lorenzo, Rafael
Plan Estratégico para la Industria de Artes Gráficas
CANAGRAF, Jalisco 1994

